UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia Tambopata - Madre de Dios"

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

AUTORES:

Bach. HUAYLLASI YLLA, Yudit

Bach. RODRIGUEZ CAMPOS, Betsy Paola

ASESOR:

Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS, Joel

Puerto Maldonado, septiembre del 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZÓNICA DE MADRE DE DIOS

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

TESIS

“Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia Tambopata - Madre de Dios”

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y MEDIO AMBIENTE

AUTORES:

Bach. HUAYLLASI YLLA, Yudit

Bach. RODRIGUEZ CAMPOS, Betsy Paola

ASESOR:

Dr. PEÑA VALDEIGLESIAS, Joel

Puerto Maldonado, septiembre del 2026

RST-RI_Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia Tambopata - Madre de Dios

INFORME DE ORIGINALIDAD

3%	3%	1%	0%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	smcsmx.org Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unamad.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Activo		

DEDICATORIA

Con gratitud y amor, dedico la presente tesis:

Primeramente, a Dios, por guiar mi camino, darme fortaleza en los momentos difíciles y bendecirme con la vida, la salud y las personas que han estado a mi lado.

A mi querida madre, por su amor incondicional, su esfuerzo constante y por ser mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia; por confiar siempre en mí, acompañarme en los momentos más difíciles y darme la fortaleza necesaria para seguir adelante. Todo lo que soy y lo que he logrado es, en gran medida, gracias a ti.

A mi padre, por su apoyo, sus enseñanzas y por acompañarme en este proceso, siendo una guía fundamental en mi vida.

A mis hermanas, por brindarme alegría en cada momento y por ser mi impulso constante para seguir adelante.

A mis abuelos y a Chris, quienes desde el cielo guían mis pasos y cuya memoria permanece eternamente en mi corazón.

A mí misma, por no rendirme, por seguir adelante a pesar de las dificultades y por demostrarme que soy capaz de alcanzar mis metas…

Yudit Huayllasi Ylla

Con profunda gratitud y cariño, dedico este logro a las personas que han sido mi mayor apoyo e inspiración a lo largo de este camino académico:

A Dios, por darme la vida, la fortaleza, la salud y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi vida.

A mi madre, por su amor infinito, su paciencia y su apoyo incondicional durante toda mi formación. Gracias por motivarme siempre a seguir adelante y enseñarme que con esfuerzo y constancia los sueños se hacen realidad.

A mi padre, por creer siempre en mí, por su confianza, sus consejos y por brindarme el respaldo necesario incluso en los momentos más difíciles de este proceso.

A mis hermanos, por su apoyo, confianza y por estar siempre presentes alentándome a no rendirme.

A esa persona especial que hoy se encuentra en el cielo, quien me brindó su apoyo y cariño hasta el final. Su recuerdo y enseñanzas me acompañan siempre y han sido una motivación permanente para culminar esta etapa.

Este logro también es de ustedes, porque sin su amor y apoyo nada de esto habría sido posible**.**

Betsy Paola Rodriguez Campos

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expreso mi más profunda gratitud a Dios por guiar mis pasos, brindarme fortaleza y permitirme alcanzar esta importante meta en mi formación profesional; asimismo, agradezco a mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y confianza en cada etapa de mi vida, siendo el pilar fundamental para hacer posible este logro.

Manifiesto mi especial y sincero agradecimiento a mi asesor, Ph.D. Joel Peña Valdeiglesias, por su valiosa orientación, su permanente acompañamiento y la confianza durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Del mismo modo, expreso mi reconocimiento al programa de becas de la Sociedad de la Reserva de Tambopata (TReeS) – 2024 y al Fondo de Becas para la Investigación 2025 “Tambopata – Bahuaja”, impulsado por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), en coordinación con la Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER), por el financiamiento otorgado y la confianza brindada para la ejecución de la presente investigación.

Asimismo, agradezco al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) por las facilidades brindadas para la realización de los análisis de laboratorio; en especial, al Dr. Shefferson Feijoo Narvasta, en su calidad de director, y a la Ing. Liliana Pinedo Fernández, por su valioso apoyo en la gestión y envío de las muestras de suelo.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), por su significativa contribución en mi formación académica y profesional. A los jurados revisores, MSc. Saul Manrique León, MSc. Jimmy Miró Agurto, Dr. Victor Pareja Auquipata y MSc. Mauro Vela Da Fonseca, por sus valiosas observaciones y aportes científicos, los cuales contribuyeron a fortalecer la calidad del presente trabajo.

A los propietarios de los predios, por la confianza y disposición al permitirme desarrollar la investigación en sus predios. Finalmente, a los estudiantes del laboratorio de suelos de la UNAMAD, a mis amigos de toda la vida y a mis familiares, por su apoyo y colaboración durante el desarrollo del trabajo de campo y laboratorio.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

Yudit Huayllasi Ylla

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera especial a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta investigación. En primer lugar, al Ph.D. Joel Peña Valdeiglesias, mi asesor de tesis, por su orientación, paciencia, apoyo constante y valiosas recomendaciones durante todo el proceso de elaboración de este trabajo. Asimismo, a mis jurados, MSc. Saul Manrique León, MSc. Jimmy Miró Agurto, Dr. Victor Pareja Auquipata y MSc. Mauro Vela Da Fonseca, por sus observaciones y aportes que contribuyeron a mejorar la presente investigación. A la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, por brindarme la formación profesional y las facilidades necesarias para el desarrollo de este estudio.

De igual manera, expreso mi agradecimiento al laboratorio de suelos, al equipo de estudiantes y practicantes del Ph.D. Joel Peña Valdeiglesias, quienes brindaron su apoyo durante el muestreo y procesamiento de las muestras. A mi pareja, por su apoyo y compañía durante el trabajo de campo. Asimismo, a la organización AIDER por la beca otorgada, que permitió la ejecución de esta investigación.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a mis compañeros, amigos y familiares, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y por acompañarme durante todo este proceso académico. Su confianza y motivación fueron fundamentales para culminar satisfactoriamente esta importante etapa de mi vida.

Betsy Paola Rodriguez Campos

PRESENTACIÓN

La presente investigación titulada “Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia Tambopata - Madre de Dios”, tuvo como finalidad evaluar la recolonización natural de macroinvertebrados en suelos afectados por incendios forestales a lo largo del tramo comprendido entre los distritos Laberinto, Tambopata y Las Piedras, iniciando desde km 61 (Las Piedras) hasta el km 56 (Laberinto), en el eje carretero de la provincia de Tambopata, región Madre de Dios.

El estudio evaluó el papel de la comunidad edáfica en la resiliencia de los ecosistemas amazónicos afectados por incendios forestales. Se consideraron diferentes coberturas vegetales y profundidades de muestreo durante un periodo de evaluación de cinco meses, lo que permitió analizar los cambios en la diversidad, riqueza y densidad de los macroinvertebrados, así como las variaciones en las propiedades del suelo posteriores al disturbio ocasionado por el fuego.

Esta investigación busca contribuir al conocimiento científico sobre la recuperación de los ecosistemas afectados por incendios forestales en la Amazonía peruana, especialmente en el departamento de Madre de Dios, y generar información de utilidad para futuras estrategias de manejo y/o conservación del suelo.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata, Madre de Dios, durante el año 2024. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-correlacional, con diseño no experimental y longitudinal. Se evaluaron tres tipos de cobertura de suelo: bosque secundario, pastizal y monocultivo, realizando cinco evaluaciones mensuales durante cinco meses posteriores al incendio. Para el muestreo de macroinvertebrados se aplicó la metodología TSBF, complementada con análisis de propiedades físicas y químicas del suelo. Se identificaron 19 grupos taxonómicos, predominando Isoptera (34,1 %), Hymenoptera (22,45 %) y Crassiclitellata (15,76 %). La densidad de macroinvertebrados alcanzó valores promedio de hasta 103 ind/m^2. La biomasa acumulada alcanzó valores de hasta 35,29 g/m^2 y estuvo dominada por el orden Crassiclitellata. La diversidad presentó una tendencia de incremento en bosque secundario y pastizal hacia los últimos meses, alcanzando valores de 1,47 y 1,36, respectivamente, mientras que el monocultivo registró un valor máximo de 1,67. La riqueza taxonómica osciló entre 4 y 7 órdenes. En cuanto a las propiedades del suelo, predominó la textura arenosa, con una mediana de hasta 66,20 %. Las propiedades del suelo evaluadas presentaron, en términos de medianas, una densidad aparente 1,36 g/cm^3, valores de pH entre 4,70 y 5,55, materia orgánica de 5,47 %, nitrógeno de 0,28 % y fósforo disponible de 18,85 mg/kg. Asimismo, el calcio intercambiable alcanzó 4,45 cmol(+)/kg, el magnesio 1,07 cmol(+)/kg, el potasio 0,67 cmol(+)/kg y la CICe 5,74 cmol(+)/kg. Las correlaciones entre la diversidad de macroinvertebrados y las propiedades físicas y químicas del suelo fueron en general débiles, observándose una asociación positiva de baja magnitud con el nitrógeno total (ρ = 0,190; p = 0,007), mientras que el pH presentó una tendencia positiva débil (ρ = 0,131; p = 0,064). Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas para la mayoría de las variables analizadas durante los meses de evaluación.

Palabras clave: Recolonización, macroinvertebrados edáficos, incendios forestales, cobertura de suelo.

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the natural recolonization of soil macroinvertebrates in soils affected by forest fires in the province of Tambopata, Madre de Dios, during 2024. The study was conducted using a quantitative approach, with a descriptive-correlational scope and a non-experimental, longitudinal design. Three types of land cover were evaluated: secondary forest, grassland, and monoculture, with five monthly assessments conducted over five months following the fire. The TSBF methodology was applied for macroinvertebrate sampling, complemented by analyses of the physical and chemical properties of the soil. Nineteen taxonomic groups were identified, with Isoptera (34.1%), Hymenoptera (22.45%), and Crassiclitellata (15.76%) predominating. Macroinvertebrate density reached average values of up to 103 ind/m^2. The accumulated biomass reached values of up to 35.29 g/m^2 and was dominated by the order Crassiclitellata. Diversity showed an increasing trend in secondary forest and grassland toward the final months, reaching values of 1.47 and 1.36, respectively, while the monoculture recorded a maximum value of 1.67. Taxonomic richness ranged from 4 to 7 orders. Regarding soil properties, sandy texture predominated, with a median of up to 66.20%. The evaluated soil properties presented, in terms of medians, a bulk density of 1.36 g/cm3, pH values ranging from 4.70 to 5.55, organic matter of 5.47%, nitrogen of 0.28%, and available phosphorus of 18.85 mg/kg. Likewise, exchangeable calcium reached 4.45 cmol(+)/kg, magnesium 1.07 cmol(+)/kg, potassium 0.67 cmol(+)/kg, and effective cation exchange capacity (ECEC) 5.74 cmol(+)/kg. The correlations between macroinvertebrate diversity and the physical and chemical properties of the soil were generally weak, with a low-magnitude positive association with total nitrogen ($\rho = 0.190$; $p = 0.007$), while pH showed a weak positive trend ($\rho = 0.131$; $p = 0.064$). Likewise, no significant differences were found among the evaluated covers for most of the variables analyzed during the assessment months.

Keywords: Recolonization, soil macroinvertebrates, forest fires, soil cover.

INTRODUCCIÓN

Los recientes incendios forestales registrados a nivel mundial han generado preocupación por los efectos del cambio climático sobre la actividad de los incendios, ya que este ha incrementado la frecuencia y la severidad de las condiciones meteorológicas favorables para su ocurrencia en la mayoría de las regiones del mundo. En ese sentido, la transición hacia un clima más cálido y propenso a las sequías puede actuar como un factor clave en el incremento de la probabilidad de incendios, tendencia que continuará intensificándose con cada incremento del calentamiento global (Jones et al. 2022).

A escala global, la incidencia de incendios se ha redoblado en los últimos veinte años. En el año 2023, el planeta sufrió un desastre sin precedentes con aproximado de 12 millones de ha, lo que representó un aumento del 24%. Canadá, por su parte, concentró el 65% de la reducción de la cobertura forestal debido a incendios dentro del continente americano y más del 27% a nivel global (MacCarthy et al. 2025).

En Sudamérica, la temporada de incendios 2024–2025 fue una de las más severas registradas desde 2002, con aproximadamente 120 000 km² de área quemada (35 % por encima del promedio histórico) y emisiones de carbono de 263 Tg C (84 % superiores al promedio y las más altas registradas para el continente). De igual manera, en los bosques tropicales y subtropicales húmedos de la Amazonía, el área quemada alcanzó aproximadamente 47 000 km², equivalente a un incremento del 75 % respecto al promedio, registrándose además anomalías récord a escala subnacional en Bolivia, Brasil, Perú, Ecuador, Guyana, Surinam, Chile, Colombia y Venezuela, lo que evidencia la amplia extensión geográfica de los incendios forestales en el continente (Kelley et al. 2025).

En Madre de Dios, según la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Ambiente (2020) las temporadas de estiaje han intensificado la incidencia de incendios forestales. Durante estos periodos se generan impactos negativos en los recursos naturales, como la vegetación que se vuelve más susceptible, lo que afecta no solo a las plantas, sino también a los

macroinvertebrados que habitan el suelo. Las sequías han sido más frecuentes y severas, lo que ha llevado a un aumento de estos eventos, con repercusiones en la biodiversidad (Zubieta et al. 2022).

Diversos estudios han demostrado que la severidad de incendios es un elemento determinante que influye en comunidades de macroinvertebrados (Renčo et al. 2022). Estos eventos pueden causar mayor mortalidad, así como modificaciones en las propiedades del suelo y composición, lo que afecta a la recuperación de las comunidades biológicas (Gongalsky y Persson 2013). Los suelos afectados suelen caracterizarse por la menor calidad y cantidad de materia orgánica (MO), mayor vulnerabilidad a la erosión y modificaciones en su estructura (Aaltonen et al. 2019). A pesar de ello, investigaciones acerca de los efectos del fuego en artrópodos se han enfocado principalmente en especies de superficie (Mantoni, Di Musciano y Fattorini 2020).

Los invertebrados que habitan en el suelo participan en los procesos ecológicos, cumpliendo funciones de facilitar nutrientes, promover el flujo de energía, descomponer y mineralizar la materia orgánica (Bedano et al. 2016). Debido a su estrecho vínculo con las propiedades del suelo, estas comunidades de invertebrados suelen ser altamente vulnerables a los cambios o perturbaciones (Ponge et al. 2003).

Desde esa perspectiva, a pesar de que se ha investigado ampliamente el impacto de los incendios en la vegetación, el efecto sobre los macroinvertebrados del suelo ha sido menos estudiado. Por esta causa, la finalidad de esta investigación es evaluar la recolonización natural de macroinvertebrados en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata. Se evaluaron las variaciones en la densidad y biomasa, así como los índices de diversidad y riqueza de macroinvertebrados edáficos en bosques secundarios, pastizales y monocultivos, afectados por incendios durante el año 2024. Además, se determinaron las propiedades físicas y químicas del suelo para establecer su relación con la diversidad de macroinvertebrados edáficos. Los resultados permitieron comprender los efectos de los incendios en los suelos y el proceso de recuperación de los macroinvertebrados.

ÍNDICE

DEDICATORIA .....
AGRADECIMIENTOS .....
PRESENTACIÓN .....
RESUMEN .....
ABSTRACT .....
INTRODUCCIÓN .....
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN **1**
1.1. Descripción del problema 1
1.2. Formulación del problema 4
1.2.1. Problema general 4
1.2.2. Problemas específicos 4
1.3. Objetivos 5
1.3.1. Objetivo general 5
1.3.2. Objetivos específicos 5
1.4. Variables 6
1.4.1. Variable independiente 6
1.4.2. Variables dependientes 6
1.5. Operacionalización de variables 6
1.6. Hipótesis 9
1.7. Justificación 10
1.8. Consideraciones éticas 11
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO **13**
2.1. Antecedentes de estudio 13
2.1.1. Antecedentes internacionales 13
2.1.2. Antecedentes nacionales 15
2.1.3. Antecedentes regionales 18
2.2. Marco teórico 19
2.2.1. Incendios forestales 19
2.2.2. Incendios forestales en el Perú y Madre de Dios 20
2.2.3. Efecto de incendios en la cobertura vegetal, suelo y macroinvertebrados 21

2.2.4. Sucesión ecológica y resiliencia después del incendio 24
2.2.5. Macroinvertebrados del suelo 25
2.2.6. Recolonización natural de macroinvertebrados 26
2.2.7. Propiedades físicas y químicas del suelo..... 26
2.2.8. Relación entre macroinvertebrados y las características del suelo 28
2.3. Definición de términos 29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN 34
3.1. Tipo de estudio 34
3.2. Diseño de estudio 34
3.3. Población y muestra 35
3.3.1. Población 35
3.3.2. Muestra 35
3.4. Métodos y técnicas 37
3.4.1. Ubicación política y geográfica..... 37
3.4.2. Descripción de las características del sitio..... 38
3.4.3. Condiciones climáticas durante el estudio 38
3.4.4. Etapa de campo 39
3.4.5. Etapa de laboratorio..... 43
3.4.5.1. Análisis de macroinvertebrados 43
3.4.5.2. Para determinar las características físicas y químicas de suelo 45
3.5. Materiales, equipos y herramientas 47
3.6. Tratamientos de los datos..... 48
3.6.1. Pretratamiento..... 48
3.6.2. Análisis descriptivo..... 48
3.6.3. Cálculos ecológicos..... 48
3.6.4. Análisis inferencial..... 50
3.6.5. Correlación entre variables 50
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN 52
4.1. Densidad y biomasa de macroinvertebrados según cobertura y mes 52
4.1.1. Identificación taxonómica y gremios tróficos de macroinvertebrados..... 52
4.1.2. Densidad de macroinvertebrados según cobertura y mes 54

4.1.3. Densidad de macroinvertebrados por profundidad y mes 59
4.1.4. Biomasa de macroinvertebrados por cobertura y mes 66
4.2. Diversidad de macroinvertebrados 72
4.3. Riqueza de macroinvertebrados 74
4.4. Características físicas de suelos según cobertura y mes 77
4.4.1. Densidad aparente 77
4.4.2. Textura 79
4.5. Características químicas de suelos post incendios 82
4.5.1. pH 82
4.5.2. Materia orgánica 84
4.5.3. Nitrógeno 86
4.5.4. Fósforo 88
4.5.5. Calcio, magnesio y potasio intercambiable 91
4.5.6. Capacidad de intercambio catiónico 96
4.5.7. Saturación de Aluminio e Hidrógeno 98
4.6. Relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características físicas y químicas del suelo 101
CONCLUSIONES 104
LIMITACIONES DE ESTUDIO 107
SUGERENCIAS 108
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 109
ANEXOS 119

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo distribuidos en los distritos de Las Piedras, Tambopata y Laberinto. 36
Figura 2. Mapa de ubicación política del área de estudio, en provincia Tambopata. 37
Figura 3. Diagrama de muestreo por transecto lineal con puntos ubicados cada 5 metros, repetido en cada mes de evaluación por cada área. 40
Figura 4. Protocolo de muestreo de "Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF)" por Anderson e Ingram (1993). 41
Figura 5. Diseño de muestreo de macroinvertebrados (6 monolitos) y muestreo de suelos (8 puntos de muestreo) por cada área afectada. 41
Figura 6. Grupos taxonómicos y gremios tróficos de macroinvertebrados post incendios a lo largo de los 5 meses de evaluación. 53
Figura 7. Densidad promedio de macroinvertebrados en la cobertura de bosque secundario. 55
Figura 8. Densidad promedio (ind/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de pastizal. 56
Figura 9. Densidad promedio (ind/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura monocultivo. 57
Figura 10. Densidad promedio de macroinvertebrados en la profundidad I (Hojarasca). 60
Figura 11. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad II (0 a 10 cm). 62
Figura 12. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad III (10 a 20 cm). 63
Figura 13. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad IV (20 a 30 cm). 65
Figura 14. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de bosque secundario. 67
Figura 15. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de pastizal. 69
Figura 16. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de monocultivo. 70
Figura 17. Diversidad de macroinvertebrados en tres tipos de cobertura de suelo. 73
Figura 18. Riqueza de macroinvertebrados en tres tipos de cobertura de suelo. 75
Figura 19. Densidad aparente del suelo (g/cm^3) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 78
Figura 20. Textura del suelo por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 80

Figura 21. Potencial de Hidrógeno (pH) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 83
Figura 22. Materia orgánica (MO %) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 85
Figura 23. Nitrógeno total (N %) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 87
Figura 24. Fósforo (P) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. ... 89
Figura 25. Calcio intercambiable (Ca^{2+}) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 92
Figura 26. Magnesio intercambiable (Mg^{2+}) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 93
Figura 27. Potasio intercambiable (K^{+}) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 94
Figura 28. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 97
Figura 29. Saturación de aluminio e hidrógeno (Al + H) por cobertura, profundidad y mes de evaluación. 99
Figura 30. Relación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H', ln) y las propiedades químicas de suelo. 101
Figura 31. Comparación de la densidad de macroinvertebrados (ind/m^2) entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 144
Figura 32. Comparación de la biomasa de macroinvertebrados (g/m^2) entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 145
Figura 33. Comparación de la diversidad de Shannon (H') entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 146
Figura 34. Comparación de la riqueza de macroinvertebrados entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 147
Figura 35. Comparación de la densidad aparente del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 148
Figura 36. Comparación de la textura (proporción de arena) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 149
Figura 37. Comparación de la textura (proporción de arcilla) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 150
Figura 38. Comparación de la textura (proporción de limo) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 151

Figura 39. Comparación del potencial de hidrógeno (pH) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 152
Figura 40. Comparación de la materia orgánica (MO) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 153
Figura 41. Comparación del nitrógeno (N) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 154
Figura 42. Comparación de fósforo (P) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).. 155
Figura 43. Comparación de calcio intercambiable (Ca^{2+}) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 156
Figura 44. Comparación del magnesio intercambiable (Mg^{2+}) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 157
Figura 45. Comparación del potasio intercambiable (K^{+}) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 158
Figura 46. Comparación de la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICe) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 159
Figura 47. Comparación de Saturación de Aluminio e Hidrógeno (Al + H) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5). 160
Figura 48. Fase I (campo): A: Identificación de parcelas. B: Georreferenciación de parcelas. C: trazado del transecto lineal. D: Muestreo de macroinvertebrados. E: Muestreo de suelo. F: Etiquetado del material recolectado. 161
Figura 49. Fase II (Laboratorio): A: Limpieza de macroinvertebrados. B: Toma fotográfica e identificación. C: Pesado de muestras. D: Rotulado y almacenamiento de muestras. 161
Figura 50. Fase II (Laboratorio): A: Secado de muestras a temperatura ambiente. B: Tamizado de suelo. C: Pesado de muestras. D: Rotulado y almacenamiento de muestras. 162
Figura 51. Fase II (laboratorio): evaluación de la densidad aparente del suelo. A: secado a 105 °C; B: cálculo del peso. 162
Figura 52. Gremio trófico Detritívoros: A: Orden Crassiclitellata (lombriz de tierra), B: Orden Isopoda (chanchitos de tierra), C: Orden Isoptera (termitas), D: Orden Julida (milpies), E: Orden Polydesmida (ciempiés), F: Orden Trichoptera (tricopteros). 163

Figura 53. Gremio trófico Depredadores: A: Orden Araneae (Araña), B y C: Orden Coleoptera (escarabajo), D: Orden Geophilimorpha (ciempies alargado), E: Orden Hymenoptera (hormiga), F: Orden Scolopendromorpha (ciempiés chileno). 163
Figura 54. Gremio trófico Macrofitófagos: A y B: Orden Hemiptera (chiche y cigarra), C: Orden Stylommatophora (caracola), D y E: Orden Orthoptera (grillo y grillo topo), F: Orden Lepidoptera (oruga de mariposa)..... 164
Figura 55: Gremio trófico Omnívoro: A: Orden Blattodea (cucaracha), B: Orden Dermaptera (tijereta). 164
Figura 56. Gremio trófico Parásitos: Orden Gordioidea, encontrado en pastizales en los meses cuarto y quinto. 165
Figura 57. Informe técnico de análisis fisicoquímico del suelo emitido por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa, correspondiente a las primeras muestras evaluadas durante el mes 1 (códigos de laboratorio SU7444-PC-25 al SU7449-PC-25)..... 166
Figura 58. Informe técnico de análisis fisicoquímico del suelo emitido por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa, correspondiente a tres últimas muestras evaluadas durante el mes 5 (códigos de laboratorio SU8041-PC-25 al SU8043-PC-25)..... 167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables para el presente estudio..... 7
Tabla 2. Datos meteorológicos durante el estudio**.**..... 38
Tabla 3. Coordenadas UTM de las parcelas evaluadas. 129
Tabla 4. Grupos taxonómicos y gremios tróficos de macroinvertebrados edáficos. 130
Tabla 5. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de bosque secundario..... 130
Tabla 6. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de pastizal..... 131
Tabla 7. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de monocultivo..... 131
Tabla 8. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad I (hojarasca). 132
Tabla 9. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad II (0 - 10 cm)..... 133
Tabla 10. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad III (10 - 20 cm)..... 134
Tabla 11. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad IV (20 - 30 cm). 135
Tabla 12. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de bosque secundario..... 136
Tabla 13. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de pastizal..... 136
Tabla 14. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la cobertura monocultivo..... 137
Tabla 15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a las variables fisicoquímicas del suelo y a los índices de diversidad de macroinvertebrados. 137
Tabla 16. Correlación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H', ln) y las propiedades físicas y químicas de suelo**.** 138
Tabla 17. Características físicas y químicas del suelo por parcela. 139

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....
Anexo 2. Solicitud de autorización para realizar el estudio .....
Anexo 3. Tablas y figuras complementarias de la investigación. .....
Anexo 4. Registro fotográfico del trabajo de campo y laboratorio. .....
Anexo 5. Instrumento de evaluación de parámetros fisicoquímicos del suelo.
Anexo 6. Consentimiento informado……

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

En el transcurso de los años se ha presentado un incremento de incendios forestales que afectan a los ecosistemas naturales en todo el mundo. Estos eventos de quema son frecuentes a nivel global, destruyen extensas zonas boscosas y afectan severamente la biodiversidad existente. Hacia finales del siglo XXI, el área afectada por incendios forestales a nivel mundial podría aumentar en un 9,3 %, bajo un escenario de cambio climático de emisiones moderadas (Yang et al. 2026). Anualmente, entre 30 y 46 millones de km^2 de la superficie del planeta se ven afectados por los incendios (Garcês y Pires 2023), debido a factores climáticos y a prácticas antropogénicas; principalmente el cambio de uso del suelo, lo que intensifica su frecuencia y severidad (Pradhan et al. 2020).

En el ámbito nacional, de acuerdo con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2024), en el país se ha reportado la pérdida de más de 150 000 hectáreas de cobertura vegetal a causa de incendios ocurridos durante el 2024. Esto representa el incremento del 35% en comparación con el año anterior, lo que evidencia un crecimiento tanto en las incidencias como en la magnitud de estos eventos en el Perú.

En el contexto regional, según reportes de Global Forest Watch (2024), Madre de Dios perdió 27 000 hectáreas de bosque entre los años 2001 y 2023 como consecuencia directa de incendios forestales. Además, estos reportes registraron 514 alertas de incendios de alta confianza

entre noviembre de 2023 y noviembre de 2024, lo que ha contribuido de manera considerable a la degradación ambiental. Dentro de la región, la provincia de Tambopata ha sido la más afectada, con una pérdida promedio de 617 hectáreas de bosques anuales a causa de incendios durante el periodo 2001 al 2023. Asimismo, se reportó un incremento atípico en la actividad de incendios durante septiembre de 2024. Estas pérdidas se encuentran relacionadas principalmente con la expansión de actividades agrícolas y con incendios provocados por fallas en líneas eléctricas (Garcês y Pires 2023).

Los incendios forestales no solo afectan la cobertura vegetal, sino también impactan los elementos físicos y biológicos de los ecosistemas (Gongalsky y Persson 2013; Haque et al. 2021). Estos eventos consumen la vegetación superficial y subterránea, incluyendo raíces y materia orgánica presente en el suelo (Celis, Jordán y Zavala 2013; Haque et al. 2021). Además, los focos de calor pueden mantenerse activos durante largos periodos (Garcês y Pires 2023), afectando la calidad del suelo y del agua, incluso a cientos de kilómetros de distancia, debido a la emisión de compuestos tóxicos (Haque et al. 2021). Estos efectos generan impactos severos en la dinámica de los ecosistemas y en los procesos de recuperación natural. El incremento en la frecuencia de estos incendios ha suscitado creciente preocupación ambiental, especialmente por sus efectos sobre las especies que habitan en las zonas afectadas (Pradhan et al. 2020).

Particularmente, los incendios forestales tienen un impacto considerable en las comunidades de organismos que habitan en el suelo, alterando su estructura y función ecológica (Gongalsky y Persson 2013). A pesar de su importancia ecológica, los insectos y otros macroinvertebrados a menudo pasan desapercibidos como grupo vulnerable al fuego (Thompson et al. 2022). Hasta la actualidad, existe escasa información sobre el uso de la fauna edáfica como indicador para el monitoreo de los cambios ambientales post-incendio (Yang et al. 2022; Mantoni, Di Musciano y Fattorini 2020).

Los macroinvertebrados edáficos, al ser sensibles a los cambios abruptos en el ecosistema, se destacan como excelentes indicadores para evaluar el nivel de deterioro del suelo (Olliff 2021). Comprender cómo los organismos del suelo responden a los impactos del fuego es clave para anticipar las alteraciones en los procesos ecosistémicos (Pressler, Moore y Cotrufo 2019). Asimismo, el análisis de las características físicas y químicas del suelo post incendio es fundamental para comprender la magnitud del evento y el proceso de recuperación ecológica (Pereira 2010).

A pesar de la creciente preocupación sobre los efectos de los incendios forestales, a nivel regional existe un vacío de información sobre cómo estos eventos impactan en la dinámica de las comunidades de macroinvertebrados en las zonas afectadas. Si bien varios estudios se han centrado en los efectos de la minería sobre los suelos y fauna edáfica, donde se destacan los cambios en la estructura de las comunidades de macroinvertebrados, hay una escasa investigación sobre cómo los incendios forestales alteran estas comunidades.

En este sentido, la presente investigación evaluó la dinámica de recolonización natural de macroinvertebrados en áreas afectadas por incendios forestales ocurridos durante la temporada de estiaje del año 2024, abarcando tres tipos de cobertura vegetal: bosques secundarios, pastizales y monocultivos. Para ello, se realizaron cinco evaluaciones mensuales consecutivas entre octubre de 2024 y febrero de 2025, posteriores a los eventos de incendio, con el objetivo de analizar la recolonización natural de macroinvertebrados y su relación con las propiedades físico - químicas del suelo. Este estudio permitió profundizar en la comprensión de los procesos de regeneración edáfica post incendio y contribuir al diseño de futuras estrategias de restauración ecológica en ecosistemas degradados por incendios.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo será la recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios, 2024?

1.2.2. Problemas específicos

PE1. ¿Cómo será la densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

PE2. ¿Cómo será la diversidad de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

PE3. ¿Cómo será la riqueza de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

PE4. ¿Cuáles serán las características físicas del suelo en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

PE5. ¿Cuáles serán las características químicas del suelo en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario,

pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

PE6. ¿Cuál será la relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características físicas y químicas en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios, 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

OE1. Cuantificar la densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

OE2. Determinar la diversidad de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

OE3. Estimar la riqueza de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco

meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

OE4. Evaluar las características físicas en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

OE5. Evaluar las características químicas en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

OE6. Evaluar la relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.

1.4. Variables

1.4.1. Variable independiente

- Coberturas de suelo
- Tiempo post-incendio

1.4.2. Variables dependientes

- Recolonización de macroinvertebrados
- Características del suelo

1.5. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables para este estudio se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Operacionalización de variables para el presente estudio.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Independiente: Tipo de cobertura de suelo	Los incendios tienen la capacidad de modificar los parámetros fisicoquímicos y biológicos del suelo (Celis, Jordán y Zavala 2013). El tipo de sistema es una clasificación de un área según su vegetación dominante y el grado de intervención humana que se diferencian por su uso y composición vegetal. Esta clasificación sirve para conocer los mecanismos que ocurren en el suelo y su interacción con los servicios ecosistémicos.	Clasificación de áreas afectadas por incendios forestales.	Cobertura de suelo	- Bosque secundario - Pastizal - Monocultivo	• Categórico nominal
Independiente: Tiempo post-incendio	El tiempo post-incendio es el periodo en el que se evalúan y gestionan los efectos del fuego en el medio ambiente, la vegetación y los macroinvertebrados. Este tiempo es importante para la restauración ecológica.	Se realizaron cinco muestreos sucesivos, correspondientes a evaluaciones mensuales efectuadas durante los cinco meses posteriores al evento de incendio, con el objetivo de evaluar el proceso de recolonización natural de macroinvertebrados edáficos.	Periodos de evaluación	- Tiempo (meses)	• Mes 1 • Mes 2 • Mes 3 • Mes 4 • Mes 5

Continuación Tabla 1**.** Operacionalización de variables para el presente estudio.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades
Dependiente Recolonización de macroinvertebrados	Los macroinvertebrados son organismos perceptibles a simple vista, desempeñan diversas funciones en los ecosistemas, como agentes modificadores de su entorno (Rojas-Martínez, Montero-Oñate y Zequeira-Cuervo 2016). Para evaluar el estado de la macrofauna se debe tener en cuenta indicadores como la densidad, biomasa, diversidad, y riqueza de macroinvertebrados.	Conteo total de individuos de macroinvertebrados en muestras de suelo	Densidad	- Número de individuos por metro cuadrado	• Ind/m^2
		Peso total de los macroinvertebrados extraídos de muestras de suelo.	Biomasa	- Peso total de individuos por metro cuadrado	• g/m^2
		Variedad de individuos de macroinvertebrados.	Diversidad	- Índice de diversidad Shannon-Wiener (H',ln)	• Valor adimensional
		Número total de taxones registrados en una muestra de suelo.	Riqueza	- Número de taxones	• Número de taxones
Dependiente: Características del suelo	Las características físicas y químicas del suelo son propiedades que determinan las condiciones estructurales, ambientales y de fertilidad del suelo, influyendo en la disponibilidad de agua, nutrientes y en el desarrollo de los organismos edáficos (Weil y Brady 2017).	Medición de textura (%arena, %limo y %arcilla), y densidad aparente en muestras de suelo.	Características físicas del suelo	- Textura - Densidad aparente	• % (Porcentaje) • g/cm^3
		Análisis de pH, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, bases intercambiables, capacidad de intercambio catiónico y saturación de aluminio e hidrógeno.	Características químicas del suelo	- pH - Materia orgánica (MO) - Nitrógeno - Fósforo - Calcio intercambiable - Magnesio intercambiable - Potasio intercambiable - CICe - AL+H	• Valor numérico (adimensional) • % (porcentaje) • mg/kg • cmol(+)/kg

1.6. Hipótesis

Hipótesis General

La recolonización natural de macroinvertebrados edáficos presenta variaciones en función del tipo de cobertura de suelo durante los cinco meses posteriores a incendios forestales en la provincia de Tambopata - Madre de Dios, 2024.

Hipótesis específicas

HE1. La densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal.

HE2. La diversidad de macroinvertebrados edáficos presenta diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal.

HE3. La riqueza taxonómica de macroinvertebrados edáficos presenta diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal.

HE4. Las características físicas del suelo presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal.

HE5. Las características químicas del suelo presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo)

durante los cinco meses posteriores al incendio forestal.

HE6. Existe una relación significativa entre la diversidad de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas durante los cinco meses posteriores a los incendios ocurridos en el año 2024 en la provincia de Tambopata.

1.7. Justificación

La provincia de Tambopata, ubicada en la región Madre de Dios, forma parte de la Amazonía peruana, una de las regiones con mayor biodiversidad del planeta. Sin embargo, esta riqueza natural enfrenta amenazas crecientes asociadas a actividades humanas como la agricultura migratoria y el rebrote de pastos mediante quema, las cuales incrementan la ocurrencia de incendios forestales que afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Gerencia Regional de Recursos Naturales y Gestión del Ambiente 2020; Pellegrini et al. 2018).

En este contexto, los macroinvertebrados edáficos desempeñan funciones esenciales en la descomposición de materia orgánica, el ciclado de nutrientes y el mantenimiento de la estructura del suelo, por lo que son considerados indicadores sensibles de perturbación y recuperación ecológica (Lavelle et al. 2016). Evaluar su recolonización natural después de un incendio permite comprender la capacidad de recuperación biológica del suelo y los cambios que ocurren durante las etapas iniciales posteriores al disturbio.

Aunque esta investigación no involucra directamente a comunidades locales, su impacto social es significativo. La salud del suelo está estrechamente relacionada con la producción agrícola, la estabilidad del terreno y la conservación del recurso hídrico (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2015). En este sentido, los resultados pueden ser útiles en futuros procesos de restauración.

La presente investigación se desarrolló bajo un diseño no experimental y de carácter observacional, dado que los incendios evaluados ocurrieron previamente al inicio del estudio como resultado de actividades antrópicas en la zona. En este contexto, no fue posible la manipulación de variables ni la implementación de áreas control equivalentes, debido a que el objetivo fue analizar el proceso natural de recolonización de macroinvertebrados edáficos posterior al disturbio. La selección de las 40 parcelas respondió a un muestreo no probabilístico por conveniencia, considerando criterios de accesibilidad, seguridad, extensión de las áreas afectadas y disponibilidad de sitios recientemente impactados por incendios durante el año 2024. De esta manera, se logró incluir las principales coberturas presentes en la zona de estudio, representadas por 19 parcelas de bosque secundario, 17 parcelas de pastizal y 4 parcelas de monocultivo, permitiendo realizar un seguimiento temporal de la recuperación ecológica durante cinco meses consecutivos.

Asimismo, el estudio contribuye a reducir el limitado conocimiento existente sobre los procesos de recuperación ecológica después de incendios en ecosistemas amazónicos peruanos. La información generada servirá como base para futuras investigaciones, estrategias de manejo y restauración orientadas a la conservación de las funciones ecológicas del suelo y al uso sostenible de los recursos naturales.

1.8. Consideraciones éticas

El proyecto de investigación se desarrolló en conformidad con los lineamientos y normas del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, garantizando que no solo contribuya al conocimiento científico, sino que también respete y valore el entorno natural y social. La investigación se ejecutó siguiendo el método (TSBF) de Anderson e Ingram (1993) a la colecta de macroinvertebrados, ampliamente validado para estudios ecológicos, lo que garantiza la validez de los datos obtenidos.

El trabajo de campo se ejecutó bajo los principios de beneficencia y no maleficencia, empleando cantidades mínimas y representativas de suelo y limitando la intervención al área estrictamente necesaria. Se evitó la alteración innecesaria del hábitat y se procuró restituir el área intervenida, a fin de no causar daño al ecosistema más allá del impacto mínimo del muestreo.

Las muestras biológicas fueron manejadas exclusivamente con fines académicos, garantizando su adecuada conservación, transporte y almacenamiento en el laboratorio bajo condiciones apropiadas de manejo. Asimismo, se contó con el consentimiento informado de los propietarios de los predios muestreados, respetando la propiedad privada y garantizando el acceso autorizado a las áreas de estudio. De este modo, se aseguró la transparencia del proceso, la integridad científica y el cumplimiento de los principios éticos aplicables a la investigación ambiental.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Huang et al. (2024) investigaron los impactos de una quema en un pastizal subtrópico húmedo. Evaluaron a los artrópodos del suelo y la composición química de la hojarasca en descomposición durante un lapso de 469 días. Sus hallazgos indicaron que la quema aumentó la radiación UV y la temperatura del suelo, además disminuyó considerablemente la diversidad de artrópodos, particularmente depredadores y ácaros, durante los 5 meses posteriores al incendio. Detectaron alteraciones en la composición química de la hojarasca, con un incremento en la inmovilización de hierro y magnesio en la presencia de azufre. Por ello, concluyeron que las quemas provocan cambios fisicoquímicos y reducen temporalmente la diversidad de artrópodos en la descomposición de hojarasca.

Olliff (2021) estudió las repercusiones de los incendios forestales en la macrofauna del suelo. Analizó la abundancia, riqueza de los macroinvertebrados en terrenos incendiados y no incendiados de tres lugares, tras incendios ocurridos en 2016. En cada lugar se llevó a cabo muestras estacionales, donde recogió macroinvertebrados de hojarasca y del terreno mineral para determinar sus reacciones al fuego. En sus hallazgos señaló que, la abundancia y diversidad de la fauna del suelo no

se vio afectada por el fuego, aunque la presencia de macroinvertebrados en la hojarasca fue mayor en áreas donde estos ya eran abundantes. Mencionó también que factores como el tiempo influyeron en los resultados sugiriendo que la sequía previa al incendio pudo haber mitigado los efectos del fuego en la población de macroinvertebrados.

Costa et al. (2022) realizaron un estudio en dos tipos de ecosistemas, donde evaluaron el efecto del fuego en la abundancia y diversidad de las hormigas. Sus resultados mostraron la identificación de 1 397 individuos de 72 especies de hormigas distribuidas en 28 géneros, destacando la subfamilia *Myrmicinae* como la más diversa. En su estudio también mostraron que la recolonización más rápida fue en ecosistemas cerrados, donde las hormigas presentaron mayor resiliencia. En cambio, en el ecosistema forestal la recuperación fue más lenta. En cuanto a la abundancia, fue mayor en el ecosistema cerrado en comparación con la no quemada, mientras que en áreas forestales no hubo diferencias significativas.

Afif y Oliveira-Prendes (2006) llevaron a cabo el estudio en un área del monte de Tuñas para evaluar cómo la quema afectó a las propiedades edáficas. Evaluaron en profundidades distintas (0 - 2 cm, 2 - 5 cm y 5 - 10 cm) en un lapso de 3 meses post-incendio. Observaron un incremento de nutrientes como carbono, nitrógeno, entre otros, lo que reflejó un incremento temporal de la fertilidad del suelo. El cambio en la textura del suelo tras el fuego, destacando una disminución en la proporción de arcilla y aumento en arena. Concluyeron que los cambios indican una adaptación en la estructura edáfica que facilita la respuesta de la vegetación proporcionando condiciones favorables para la colonización de organismos de suelo.

Castro et al. (2025) estudiaron la recuperación de las comunidades de macroartrópodos del suelo durante la regeneración natural de pastizales degradados en la Amazonía colombiana. Los resultados registraron 9048 individuos, agrupados en 23 grupos taxonómicos, siete clases, 26 órdenes y 465 morfoespecies. Asimismo, la diversidad, la densidad y la biomasa aumentaron progresivamente conforme avanzó la regeneración natural, mientras que la riqueza se incrementó de 66 a 241 morfoespecies. El estudio destacó que la regeneración natural favorece la recuperación de las comunidades de macroartrópodos del suelo y resalta el papel de los ingenieros del ecosistema en la restauración del suelo.

de Medeiros-Sarmento, Valle-Ferreira y Gastauer (2025) estudiaron la recuperación de la macrofauna del suelo durante la regeneración natural de áreas previamente manejadas mediante agricultura de roza y quema en la Amazonía brasileña. Los resultados mostraron que Isoptera (48 %), Formicidae (25 %) y Oligochaeta (9 %) fueron los grupos predominantes. Además, la riqueza de la macrofauna aumentó conforme se incrementó la complejidad estructural de la vegetación, mientras que la densidad respondió principalmente a las condiciones del suelo. El estudio concluyó que la recuperación de la macrofauna está asociada principalmente a la regeneración de la vegetación y que la sostenibilidad del sistema no debe evaluarse únicamente por la edad del barbecho.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En Huánuco, Ramirez-Caballero (2022) determinó las alteraciones en la macrofauna antes, durante y posterior a la quema. Para ello, utilizó el método TSBF recomendado por Anderson e Ingram (1993), donde efectuó en estas profundidades (10 cm, 20 cm y 30 cm) los muestreos en una parcela de 10 000 m^2, siguiendo un patrón de recolecta en

zigzag en tres tiempos. Los datos obtenidos del análisis textural del suelo revelaron una variación desde franco arcillo-limoso hacia franco, y posterior a la quema a franco limoso. En cuanto a la composición química, observaron cambios: la capacidad de intercambio catiónico (CIC) incrementó de p-valor (0,0057) a p-valor (0,0304), y la acidez intercambiable aumentó con un valor p-valor (0,0115). Además, la densidad de macrofauna disminuyó de 158 a 101 individuos, y la biomasa redujo de 10,09 g a 6,87 g. Asimismo, registró 11 órdenes de macrofauna antes de la quema, disminuyendo a 9 y 7 órdenes posteriormente a la quema. Los grupos dominantes fueron Isoptera, haplotaxida y dictióptera mayoritariamente ubicadas a 10 cm de profundidad.

El estudio realizado por Cotrina-Tantavilca (2022), en el Distrito de Aco, provincia Concepción determinó los macroinvertebrados en tres niveles (quema baja, quema media y quema alta) de residuos agrícolas. Para ello, delimitó áreas de quema y estableció puntos de muestreo de forma aleatoria, incluyendo una parcela de control no quemada. La recolección de macroinvertebrados permitió cuantificar y comparar las parcelas antes y después del evento de quema, donde se recolectó en cada nivel de quema y en parcela de control (no quemada). Su estudio reveló la disminución de abundancia en los grupos taxonómicos evaluados: lombrices, isópodos, grillos y arácnidos. Previa a la quema obtuvo promedios de 1 lombriz, 2 isópodos, 1,8 grillos y 1,6 arácnidos por unidad de muestreo; mientras que después de la quema se evidenció una disminución de promedios a 0,4 lombrices, 1,2 isópodos, 0.8 grillos y 0.8 arácnidos. Estos resultados evidencian el impacto negativo en diversidad edáfica del suelo tras quemas agrícolas.

Reátegui-López (2013) utilizando el método TSBF cuantificó la macrofauna en una purma de 20 años y un bosque remanente en Tingo María, evaluados después de 15 días de ser

incendiado. Demostró que la riqueza de especies fue mayor en el bosque remanente, con 13 grupos taxonómicos y una densidad de 627 ind/m^2. Por lo contrario, la purma recién talada presentó 7 grupos y una densidad de 336 ind/m^2. No obstante, en la misma área después de 15 días del incendio, la densidad se redujo a 294,4 ind/m^2. El autor concluyó que la quema generó una alteración significativa en los macroinvertebrados presentes en las capas superficiales del suelo (0-10 cm), mientras que algunas especies presentan mayor resistencia en capas más profundas.

Diaz-Meza (2020) recolectó 30 muestras en dos estratos de suelo (sin quema y con quema) en un bosque secundario de 30 años a más en el Fundo Nuevo Trujillo. En sus análisis estadísticos de las propiedades físicas del suelo revelaron un cambio en la textura, pasando de franco a franco arenoso, con una menor proporción de limo. Asimismo, registró alteraciones en el pH, materia orgánica, nutrientes (N, P, K) en las capas superficiales del suelo. Estos resultados concluyen que realizar quemas pueden provocar infertilidad del suelo a largo plazo.

Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016) realizaron un análisis del suelo en distrito de Pichanaki antes de la quema y post-quema a diferentes profundidades 5,

30 y 60 cm para evaluar la calidad del suelo. Los resultados evidenciaron una compactación a las profundidades de 5 y 30 cm, lo que indica una reducción de la porosidad del suelo. A pesar de estos cambios, la textura del suelo, predominantemente franco arenosa, se mantuvo relativamente constante. En cuanto al pH, este incrementó posterior a la quema de 6,09 a 7,46, mientras que la materia orgánica (MO) hubo disminución de 4,5 % a 2,04%. Los cationes intercambiables aumentaron en las profundidades evaluadas. Igualmente, registraron una reducción de la macrofauna en la

superficie. Concluyeron que la post-quema ocasionó fertilidad del suelo a corto plazo, debido a la liberación de nutrientes inmovilizados.

En Cajamarca, Torres-Coronel (2025) desarrolló una investigación orientada a evaluar la respuesta de la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* después de incendios forestales. Para ello, estableció de manera aleatoria cinco parcelas en zonas impactadas por el fuego y tres en áreas sin afectación, considerando evaluaciones durante las épocas seca y húmeda. El muestreo se efectuó en tres estratos del suelo (0 - 10, 10 - 20 y 20 - 30 cm), aplicando la metodología TSBF para la extracción de macroinvertebrados. Como resultado, se registraron 132 individuos distribuidos en tres órdenes (Coleoptera, Crassiclitellata y Hymenoptera) concentrándose la mayor cantidad de organismos en la capa superficial de 0 a 10 cm en ambos tipos de área. Del mismo modo, el autor indicó que la diversidad, densidad y abundancia no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sitios quemados y no quemados. Respecto a las características del suelo, reportó contenidos bajos de materia orgánica, textura franco arenosa, humedad entre 10,9 y 15 % y temperaturas de 17,45 a 17,96 °C.

2.1.3. Antecedentes regionales

Sanchez-Diaz (2018) analizó los macroinvertebrados edáficos en cuatro sistemas de uso en el sector Pampa Hermosa, distrito de Las piedras, durante la temporada de lluvias (diciembre a mayo). Para la recolección de datos aplicó el método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), evaluando la densidad y biomasa de macroinvertebrados, junto con propiedades fisicoquímicas del suelo. En sus resultados demostró que el sistema agroforestal presentó mayor densidad de macroinvertebrados, con 414,5 ind/m^2, mientras que el pastizal registró mayor biomasa y diversidad, (20,26 g/m^2 para biomasa),

seguida de monocultivo (7,98 g/m^2) y bosque secundario (5,68 g/m^2). Además, menciona que la población de macroinvertebrados estaba influenciada por el contenido de potasio y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, mostrando una relación positiva entre el orden de macrofauna y la CCI.

Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) evaluaron el efecto de dos tipos de bosque sobre la población de macroinvertebrados edáficos en el distrito de Las Piedras, Madre de Dios. Los resultados mostraron que el bosque inundable con palmeras registró 18 órdenes y 2125 individuos, mientras que el bosque de terraza alta con castaña presentó 14 órdenes y 1819 individuos. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en la densidad de macroinvertebrados entre ambos tipos de bosque; sin embargo, la biomasa fue significativamente mayor en el bosque de terraza alta con castaña (0,32 ± 0,40 g/m²; p = 0,01), mientras que el bosque inundable presentó una mayor diversidad (H' = 2,02). La investigación permitió concluir que la importancia de las termitas como componente dominante en bosques de terraza alta, así como las variaciones en la composición de la macrofauna según el tipo de cobertura forestal, concluyendo que el tipo de bosque influye en la biomasa y la diversidad de las comunidades de macroinvertebrados edáficos.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Incendios forestales

Los incendios forestales constituyen procesos de combustión no controlada que afectan ecosistemas naturales y plantaciones forestales, generando impactos ecológicos, sociales y económicos. De acuerdo con el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (2024), estos eventos pueden

originarse por causas naturales o antrópicas y propagarse dependiendo de las condiciones climáticas, la disponibilidad de combustible y características del terreno.

La norma ISO 1987, citada por Zárate-López (2004), define el incendio como un fenómeno de combustión acompañado de calor, humo y llamas, con capacidad de expandirse temporal y espacialmente. El fuego tiene la capacidad de abarcar grandes áreas, ocasionando severos impactos sobre la fauna, suelo y flora, lo que conlleva consecuencias negativas a nivel ecológico, económico y social (Gil-Mora 2022).

La propagación de los incendios forestales depende de la interacción entre combustible, condiciones climáticas y características del terreno, elementos conocidos como la “gran tríada” del fuego (CENEPRED 2020). Asimismo, factores como la temperatura ambiental, velocidad del viento y humedad influyen directamente en la intensidad y comportamiento del incendio.

Los incendios forestales generan efectos ambientales significativos debido a la combustión de biomasa presente en bosques, praderas y áreas agrícolas, provocando la emisión de gases y partículas hacia la atmósfera (Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2008). Estas alteraciones afectan la calidad del aire, la biodiversidad, la cobertura vegetal y las propiedades del suelo, además de incrementar procesos de erosión y degradación ambiental (Castillo, Pedernera y Peña 2003).

2.2.2. Incendios forestales en el Perú y Madre de Dios

En Perú, los incendios forestales generalmente se registran durante la temporada de estiaje, la cual comienza a mediados de julio y se extiende aproximadamente 14 semanas. Esta situación influye en el régimen de los incendios, generando

pérdidas ecológicas al destruir la flora y fauna terrestre. Se estima que la mayoría de estos eventos tienen un origen antrópico, siendo una de las principales causas las prácticas agrícolas, como la preparación de terrenos de cultivo o pastizales (SERFOR 2018).

De acuerdo con Global Forest Watch (2024), en el año 2023 el país perdió 227 000 ha de masa forestal, de las cuales 812 ha fueron afectadas por incendios forestales. Los años con mayor cantidad de incendios registrados fueron el 2020 y 2024, con 5035 y 5027 alertas de alta confianza, respectivamente. Sin embargo, el año con mayores pérdidas de cobertura arbórea a causa del fuego fue 2017, con 39 700 ha afectadas.

En el departamento de Madre de Dios, la principal causa de incendios forestales está relacionada con malas prácticas agrícolas, específicamente quemas descontroladas que provocan daños a los bosques secundarios o pastizales. Según los reportes de Global Forest Watch (2024), entre diciembre del 2023 y diciembre del 2024 se registró un incremento considerable de alertas de alta confianza, registrándose 514 incendios en 2024, una cifra significativamente mayor en comparación con años anteriores. Además, las estadísticas indican que, entre 2001 y 2023; Madre de Dios perdió 27 000 ha de cobertura boscosa a causa de incendios.

2.2.3. Efecto de incendios en la cobertura vegetal, suelo y macroinvertebrados

a) En la cobertura vegetal

Los incendios forestales producen efectos importantes sobre la vegetación y el funcionamiento de los ecosistemas, debido a que alteran la cobertura vegetal, reducen la biomasa y disminuyen la capacidad de almacenamiento de carbono (Ramirez et al. 2022). La quema de biomasa afecta la estructura y composición de las comunidades vegetales,

generando cambios en procesos ecológicos relacionados con la productividad, regeneración y recuperación del ecosistema. Aunque algunas especies presentan capacidad de rebrote y regeneración posterior al fuego, la recuperación de la biomasa y del carbono almacenado suele ser más lenta que la recuperación de la cobertura vegetal, lo que evidencia diferencias en la resiliencia funcional del ecosistema (Ramirez et al. 2022).

Asimismo, la respuesta de la vegetación frente al fuego varía según la severidad del incendio, especialmente en las especies del sotobosque. En condiciones de severidad intermedia suele incrementarse la presencia de herbáceas debido a la mayor disponibilidad de luz, nutrientes y espacios abiertos para el establecimiento de nuevas especies, mientras que los arbustos y pastos tienden a disminuir en incendios de mayor severidad. De esta manera, el fuego modifica la dinámica de la vegetación, altera el hábitat y transforma el paisaje forestal, siendo la recuperación vegetal dependiente de la intensidad del incendio y de la capacidad de resiliencia del ecosistema (Cadena-Zamudio et al. 2020)

b) En los macroinvertebrados

Los estudios sobre los efectos del fuego en el suelo comenzaron a desarrollarse durante el siglo XX, enfocándose principalmente en los cambios producidos en la fauna edáfica y en los microorganismos asociados al ecosistema del suelo (Armenteras et al. 2020).

Los incendios forestales generan un impacto inmediato sobre los organismos edáficos debido a las altas temperaturas alcanzadas durante la combustión, las cuales pueden provocar la muerte de microorganismos y fauna edáfica que habitan en el suelo. Asimismo, los incendios de mayor severidad consumen gran parte de la materia orgánica y de

la cobertura vegetal superficial, ocasionando la pérdida de refugios y fuentes de alimento esenciales para la fauna del suelo (Villers-Ruiz y Blanco-López 2004). Estas alteraciones también reducen la capacidad del suelo para retener humedad, creando condiciones más secas y desfavorables para el establecimiento y supervivencia de los macroinvertebrados. Como consecuencia, durante los primeros meses posteriores al incendio suele observarse una disminución en la densidad, biomasa, riqueza y diversidad de la macrofauna edáfica, debido a la degradación temporal del hábitat y a la limitada disponibilidad de recursos necesarios para su restablecimiento (Añó-Vidal, Sánchez-Díaz y Carbó-Valverde 2022).

c) En el suelo

Los incendios generan modificaciones físicas y químicas que afectan directamente la fertilidad del suelo (Celis, Jordán y Zavala 2013). Entre los principales cambios químicos destacan el incremento del pH y el aumento temporal de cationes intercambiables como calcio, magnesio, sodio y potasio, producto de la acumulación de cenizas derivadas de la combustión de la materia orgánica (Afif y Oliveira-Prendes 2006). Del mismo modo, el fuego altera la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno, fósforo y potasio, aunque parte de estos pueden perderse posteriormente mediante procesos de volatilización y lixiviación. En relación con las propiedades físicas, los incendios pueden modificar el color, la textura, la temperatura, la capacidad de retención de agua y la susceptibilidad a la erosión del suelo, siendo la magnitud de estos cambios dependiente de la severidad del incendio y de la capacidad de recuperación del ecosistema afectado (Cadena-Zamudio et al. 2020).

Por otro lado, el pH, la humedad, el contenido de materia orgánica y la densidad aparente del suelo son afectados por

el incremento de temperatura provocada por el incendio, lo que podría generar procesos de erosión a largo plazo. Además, el fuego altera la distribución y el contenido de carbono en el suelo, disminuyendo su proporción; no obstante, algunos ecosistemas como los pastizales presentan capacidad de recuperación frente a estas pérdidas, lo que evidencia cierto nivel de resiliencia ecológica (Sáenz 2006).

2.2.4. Sucesión ecológica y resiliencia después del incendio

Los incendios forestales constituyen una perturbación ecológica que modifica la estructura, composición y dinámica de la vegetación, afectando los procesos de sucesión ecológica y recuperación natural del ecosistema (Castillo, Pedernera y Peña 2003). La respuesta de la vegetación depende de la severidad e intensidad del fuego, favoreciendo inicialmente el establecimiento de especies herbáceas y pioneras debido a la mayor disponibilidad de luz, nutrientes y espacios abiertos, mientras que las especies arbustivas y arbóreas suelen presentar una recuperación más lenta (Cadena-Zamudio et al. 2020). Asimismo, la resiliencia ecológica determina la capacidad del ecosistema para restablecer sus funciones y composición vegetal después del disturbio; sin embargo, incendios recurrentes o severos pueden generar cambios permanentes en el paisaje, alterar la dinámica sucesional y reducir la biodiversidad, debido a procesos de erosión del suelo, pérdida de semillas y disminución de nutrientes esenciales (Jaksic y Fariña 2015).

Por otro lado, Ramirez et al. (2022) mencionan que la resiliencia del suelo depende de la capacidad del ecosistema para absorber perturbaciones y recuperar estructura y función.

2.2.5. Macroinvertebrados del suelo

Los macroinvertebrados del suelo corresponden al conjunto de organismos invertebrados que habitan el suelo, la hojarasca o la superficie del mismo durante al menos una parte de su ciclo de vida. Generalmente presentan un tamaño corporal superior a 2 mm y, durante los procesos de muestreo y separación, son retenidos en una malla de 2 mm. Este grupo incluye lombrices de tierra, hormigas, termitas, escarabajos, milpiés, ciempiés, cochinillas y caracoles, entre otros. Debido a su sensibilidad frente a las perturbaciones ambientales, estos organismos son considerados importantes indicadores biológicos para evaluar cambios o alteraciones en las condiciones edáficas (Lavelle et al. 2016).

Asimismo, desempeñan un papel esencial en la dinámica del suelo mediante la transformación de biomasa vegetal, la regulación de flujos biogeoquímicos y la mejora de las propiedades físicas y químicas del suelo. Su presencia refleja condiciones adecuadas de calidad edáfica, mientras que su disminución o ausencia puede indicar procesos de degradación o contaminación. Por ello, resultan fundamentales para la conservación de los suelos y el mantenimiento de sistemas de producción sostenibles (Tapia-Coral et al. 2016).

Por otro lado, Lavelle et al. (2022) señalan que los grupos taxonómicos más representativos de las comunidades de macroinvertebrados edáficos a nivel mundial corresponden a Haplotaxida (lombrices de tierra), Formicidae (hormigas), Isoptera (termitas), Coleoptera, Araneae, Chilopoda, Diplopoda, Diptera, Isopoda, Gastropoda, Orthoptera, Dermaptera, Lepidoptera, Hemiptera y Blattaria, destacando especialmente a las lombrices, hormigas y termitas por su importante función como ingenieros ecosistémicos del suelo.

2.2.6. Recolonización natural de macroinvertebrados

La recolonización natural de macroinvertebrados edáficos corresponde al proceso mediante el cual las comunidades del suelo logran restablecerse de manera progresiva luego de una perturbación, como los incendios forestales, sin intervención humana directa. Este proceso ocurre a través de la migración y dispersión de organismos provenientes de áreas no afectadas o de sectores que experimentaron menor severidad de quema, permitiendo que nuevos individuos ocupen nuevamente el hábitat alterado (Kim et al. 2014). Después del incendio, la recuperación de la macrofauna depende de diversos factores, entre ellos la disponibilidad de refugios, la conectividad con zonas no perturbadas, la recuperación de la cobertura vegetal y el restablecimiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (Puga et al. 2024). Asimismo, algunos grupos presentan mayor capacidad de resistencia o dispersión, por lo que suelen actuar como colonizadores tempranos, mientras que otros requieren condiciones más estables para reaparecer (Kim et al. 2014). Según los estudios de Zaitsev et al. (2014) la recolonización puede iniciarse desde pequeños parches no quemados, restos de hojarasca o microhábitats protegidos dentro del área afectada, los cuales actúan como fuentes de recuperación biológica y favorecen el restablecimiento gradual de la diversidad y abundancia de organismos del suelo.

2.2.7. Propiedades físicas y químicas del suelo

a) Propiedades físicas de suelo

Las propiedades físicas del suelo determinan las condiciones estructurales y ambientales necesarias para el desarrollo de los organismos edáficos, el movimiento del agua, el intercambio gaseoso y el crecimiento de las raíces. Entre las principales propiedades físicas destacan la

densidad aparente, la porosidad, la textura, la humedad y la temperatura del suelo, las cuales influyen directamente en la dinámica biológica y en el funcionamiento de los ecosistemas terrestres (Oliver et al. 2017; Ruiz-Duarte 2015).

La densidad aparente representa la relación entre la masa del suelo seco y el volumen total que ocupa, incluyendo los espacios porosos. Según, (Weil y Brady 2017), valores elevados de densidad aparente indican mayor compactación del suelo, reducción de la porosidad y menor circulación de aire y agua, afectando el desarrollo radicular y la actividad de lafauna del suelo.

La textura del suelo está determinada por la proporción de arena, limo y arcilla. Esta propiedad condiciona la capacidad de retención de agua, la infiltración y la disponibilidad de nutrientes. Los suelos arenosos presentan mayor drenaje y menor retención hídrica, mientras que los suelos arcillosos poseen mayor capacidad de almacenamiento de agua y nutrientes, aunque pueden presentar menor aireación (Weil y Brady 2017).

b) Propiedades químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo están relacionadas con la disponibilidad de nutrientes, la fertilidad y las condiciones necesarias para el desarrollo de organismos y plantas. Entre las principales propiedades químicas destacan el pH, la materia orgánica, el carbono orgánico, el nitrógeno, el fósforo, el potasio y los cationes intercambiables como calcio y magnesio (Weil y Brady 2017).

El pH del suelo expresa el grado de acidez o alcalinidad y regula la disponibilidad de nutrientes para las plantas y microorganismos; valores extremos pueden limitar la actividad biológica y reducir la disponibilidad de elementos

esenciales (Weil y Brady 2017; Hernandez-Jimenez et al. 2010).

La materia orgánica constituye un componente fundamental debido a su influencia sobre la fertilidad, la estructura y la actividad biológica del suelo, ya que está conformada por residuos vegetales y animales en diferentes estados de descomposición (Sparks 1999). Asimismo, el carbono orgánico representa una fracción importante de la materia orgánica y cumple un rol esencial en los ciclos biogeoquímicos, favoreciendo la estabilidad estructural y el almacenamiento de carbono en los ecosistemas terrestres (Weil y Brady 2017; Sparks 1999).

El nitrógeno es un nutriente esencial para el crecimiento vegetal y la actividad biológica del suelo, cuya disponibilidad depende de procesos de mineralización y descomposición de la materia orgánica; mientras que el fósforo participa en procesos energéticos celulares y el potasio interviene en funciones fisiológicas relacionadas con el metabolismo vegetal y la regulación hídrica (Weil y Brady 2017).

Los cationes intercambiables, especialmente calcio y magnesio, contribuyen al equilibrio químico del suelo y a la estabilidad de los agregados, favoreciendo mejores condiciones para la actividad biológica y el desarrollo vegetal (Hernandez-Jimenez et al. 2010). Por otro lado Gerrard (2000) señala que los suelos con alto contenido de humus suelen ser químicamente activos y poseen altas capacidades de intercambio, facilitando la transferencia de nutrientes a las plantas.

2.2.8. Relación entre macroinvertebrados y las características del suelo

La macrofauna del suelo desempeña un rol fundamental como organismo ingeniero del ecosistema, debido a que modifica las

propiedades físicas mediante la formación de agregados y la mejora de la estructura del suelo, además de intervenir en procesos químicos relacionados con la dinámica de nutrientes. Asimismo, variables como la textura, la fertilidad y la humedad del suelo condicionan la abundancia y composición de estas comunidades, por lo que la macrofauna es considerada un indicador biológico de la calidad del suelo (Lavelle et al. 2022).

Entre las propiedades químicas del suelo, el pH constituye un factor determinante para la presencia y actividad de los organismos edáficos. Diversos grupos presentan diferentes niveles de tolerancia a la acidez; por ejemplo, las lombrices de tierra rara vez se encuentran en suelos con valores de pH inferiores a 4,5, ya que estos ambientes limitan su supervivencia, actividad y reproducción. En contraste, los hongos presentan una mayor tolerancia a condiciones ácidas (Gerrard 2000).

En este sentido, la fauna del suelo desempeña un papel clave en la formación de la estructura edáfica mediante la agregación de partículas y la descomposición de la materia orgánica, contribuyendo a la fertilidad y productividad del ecosistema. De igual manera, factores fisicoquímicos como la temperatura, el pH, la humedad y el contenido de materia orgánica influyen significativamente en la abundancia y composición de las comunidades edáficas, determinando su dinámica y funcionalidad. Debido a esta estrecha relación, la fauna del suelo es considerada un importante bioindicador de la calidad y el grado de degradación del suelo (Mataix-Solera 2000).

2.3. Definición de términos

- **Acidez intercambiable (Al + H)**

  Cantidad de acidez asociada principalmente con los iones aluminio (Al^{3+}) e hidrógeno (H^{+}) retenidos en los sitios de intercambio del suelo. Su presencia adquiere particular importancia en los suelos

ácidos, donde el aluminio intercambiable puede constituir una fracción relevante de la acidez del suelo (Sparks 1999).

- **Ambiente del incendio**

  El ambiente del incendio está condicionado por variables meteorológicas como la humedad, la temperatura y la velocidad del viento (Ruiz-Duarte 2015; Oliver et al. 2017).

- **Bases intercambiables**

  Conjunto de cationes de carácter básico retenidos en las superficies de intercambio de los componentes coloidales del suelo, principalmente calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^{+}) y sodio (Na^{+}). Estos cationes pueden intercambiarse con otros iones presentes en la solución del suelo y constituyen un componente importante de la fertilidad química del suelo (Weil y Brady 2017).

- **Biota del suelo**

  Incluye la flora y fauna del suelo, que habitan principalmente en las capas superficiales, donde se encuentran en condiciones óptimas de temperatura, humedad, ventilación y espacio (Sparks 1999).

- **Calcio intercambiable**

  Fracción del calcio presente en el suelo que se encuentra retenida electrostáticamente en los sitios de intercambio de los coloides y que puede ser desplazada o intercambiada por otros cationes presentes en la solución del suelo. Constituye una de las principales bases intercambiables del suelo (Weil y Brady 2017).

- **Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe)**

  Capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes bajo las condiciones de reacción existentes en el suelo. Está relacionada con la presencia de superficies con carga negativa, principalmente asociadas con minerales de arcilla, materia orgánica y otros componentes coloidales, que permiten la retención reversible de cationes (Sparks, 2003).

- **Cobertura de bosque secundario**

  El bosque secundario es la formación vegetal que se origina tras la eliminación parcial o total de la vegetación original, por acción

humana o natural, y se caracteriza por una composición y estructura distinta al bosque primario, con predominancia de especies pioneras y de rápido crecimiento (Fiamoncini-Pastório, Fiorentin y De Gasper 2023).

- **Cobertura de monocultivos**

  El monocultivo es un sistema de uso del suelo caracterizado por la baja diversidad, donde la homogeneidad vegetal incrementa la vulnerabilidad ecológica y altera procesos naturales del suelo y la biodiversidad (Lambin, Geist y Lepers 2003).

- **Cobertura de pastizales**

  Según Lambin, Geist y Lepers (2003), los pastizales se definen ecológicamente como “tierras donde la vegetación está dominada por gramíneas”, cuya distribución depende de factores climáticos y de humedad del suelo.

- **Cobertura de suelo**

  Lambin, Geist y Lepers (2003) mencionan que la cobertura del suelo representa los atributos físicos y biológicos que cubren los suelos y que interactúan directamente con los ecosistemas y las actividades antrópicas.

- **Combustible**

  Es cualquier tipo de fuente de energía para la propagación del fuego, que está presente en el entorno y es susceptible a alimentar el fuego. Incluye hierbas, arbustos, árboles, hojarascas, ramas secas y otros materiales vegetales acumulados en el suelo (SERFOR 2018; CENEPRED 2020).

- **Densidad aparente**

  Es la masa de suelo seca por unidad de volumen, incluyendo los espacios porosos que pueden estar ocupados por aire o agua. Se expresa comúnmente en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3) y es un indicador de la compactación del suelo, así como de su capacidad para retener agua y nutrientes (Weil y Brady 2017).

- **Fósforo**

  En el suelo, el fósforo se encuentra en diferentes formas químicas, cuya disponibilidad está condicionada por las propiedades del suelo y las reacciones que establece con sus componentes minerales y orgánicos (Weil y Brady 2017).

- **Incendios forestales**

  Es un fuego no intencionado, de origen natural o antrópico, que se extiende de manera descontrolada sobre áreas forestales, generando impactos negativos (CENEPRED 2020).

- **Macroinvertebrados**

  Los macroinvertebrados son organismos perceptibles a simple vista y desempeñan diversas funciones en el en los ecosistemas, participando en la modificación de su entorno, el ciclo de nutrientes y la aireación del suelo (Rojas-Martínez, Montero-Oñate y Zequeira-Cuervo 2016).

- **Magnesio intercambiable**

  Fracción del magnesio retenida en los sitios de intercambio de los coloides del suelo y susceptible de intercambio con otros cationes de la solución del suelo. Constituye una de las principales bases intercambiables y, además, es un nutriente esencial para las plantas (Weil y Brady 2017).

- **Materia orgánica**

  La materia orgánica (MO) es un recurso esencial para la fertilidad del suelo, compuesta por restos vegetales, animales en grado de descomposición y sustancias ricas en carbono orgánico presentes en el suelo (Sparks 1999).

- **Nitrógeno total**

  El nitrógeno constituye un nutriente esencial para las plantas y participa en procesos relacionados con la transformación de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes en el suelo (Weil y Brady 2017).

- **pH**

  Es un indicador que mide la concentración de iones de hidrógeno en el suelo, influyendo en la disponibilidad de nutrientes, la solubilidad de minerales y la actividad microbiana (Hernandez-Jimenez et al. 2010).

- **Potasio intercambiable**

  Forma de potasio retenida electrostáticamente en los sitios de intercambio de las partículas coloidales del suelo y que puede intercambiarse con los cationes presentes en la solución del suelo. Representa una fracción del potasio del suelo que puede contribuir a su disponibilidad para las plantas (Weil y Brady 2017).

- **Suelo**

  Se describe como material meteorizado en la superficie terrestre que puede contener o no materia orgánica, y que frecuentemente incluye aire y agua (Gerrard 2000), cuyas propiedades físicas, químicas y biológicas resultan por la interacción del clima, la topografía y los organismos vivos (Sparks 1999).

- **Textura**

  Hace referencia a la proporción relativa de partículas de arena, limo y arcilla (<2 mm), expresada en porcentaje de peso total. Esta combinación define las características físicas del suelo tales como su capacidad de retención de agua, drenaje y aireación (Hernandez-Jimenez et al. 2010).

- **Tiempo post incendio**

  Se refiere a la duración o el intervalo en el cual ocurren eventos, procesos o fenómenos en la naturaleza. En ecología, el tiempo es esencial en la dinámica de los ecosistemas, ya que determina la evolución y recuperación de las comunidades biológicas tras perturbaciones, permitiendo que los organismos se adapten y estabilicen sus poblaciones (Sobral y Magrach 2019).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio de la presente investigación es descriptivo-correlacional, de acuerdo con la clasificación propuesta por Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres (2018). Es descriptivo porque permite caracterizar las variables ecológicas evaluadas, tales como la densidad, biomasa, diversidad y riqueza de macroinvertebrados, así como las propiedades fisicoquímicas del suelo en las diferentes coberturas. Asimismo, es correlacional debido a que se busca establecer la relación entre las características fisicoquímicas del suelo y la diversidad de macroinvertebrados edáficos. El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, dado que las variables fueron medidas numéricamente y analizadas mediante procedimientos estadísticos.

3.2. Diseño de estudio

La investigación es de diseño no experimental, de tipo longitudinal de acuerdo con la clasificación de (Hernández-Sampieri, Fernandez-Collado y Baptista-Lucio 2014). Es no experimental debido a que las variables fueron observadas en su contexto natural, sin manipulación deliberada por parte del investigador. Asimismo, el carácter longitudinal se justifica por la recolección de datos mediante cinco evaluaciones mensuales consecutivas, realizadas durante los cinco meses posteriores al disturbio, lo que permitió evaluar la variación temporal de las comunidades de macroinvertebrados y de las propiedades

fisicoquímicas del suelo, así como la dinámica del proceso de recuperación del ecosistema edáfico.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población está constituida por todas las áreas de los suelos afectados por incendios forestales ocurridos en la temporada de estiaje del año 2024 a lo largo del eje carretero de la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios. Esta población abarcó los distritos: Laberinto, Tambopata y Las Piedras, incluyendo áreas de bosques secundarios, pastizales y monocultivo.

3.3.2. Muestra

Se empleó un muestreo no probabilístico y por conveniencia, basado en el criterio del investigador (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres 2018). La muestra estuvo compuesta por 40 parcelas (Figura 1) (Tabla 3 en Anexo 3). Esta decisión se fundamentó en la disponibilidad de áreas afectadas por incendios ocurridos en la temporada de estiaje (entre septiembre y octubre del año 2024) en la provincia de Tambopata, periodo en el cual se registró una alta incidencia de incendios forestales.

Las unidades de muestreo corresponden a tres tipos de cobertura de suelo: bosque secundario, pastizales y monocultivos, los cuales constituyen los grupos de comparación del estudio. La distribución final de las parcelas fue: bosque secundario (n = 19), pastizal (n = 17) y monocultivo (n = 4).

Esta distribución respondió a la disponibilidad real de áreas afectadas por incendios forestales ocurridos durante la temporada de estiaje de 2024, antes del inicio de las

evaluaciones mensuales. Las áreas evaluadas correspondieron a sitios donde el incendio ya había ocurrido, sin que existiera intervención o manipulación del evento por parte de los investigadores. La selección de las parcelas inició con la identificación de áreas afectadas mediante imágenes satelitales obtenidas de la plataforma Global Forest Watch (2024), seguida de verificaciones in situ para confirmar las condiciones del sitio, la accesibilidad, la autorización de los propietarios y la ocurrencia de incendios antrópicos en un mismo periodo, específicamente durante las tres semanas previas al primer muestreo, con el fin de asegurar la comparabilidad temporal entre las unidades muestrales. Asimismo, se consideró como criterio de inclusión una superficie mínima de 1 hectárea.

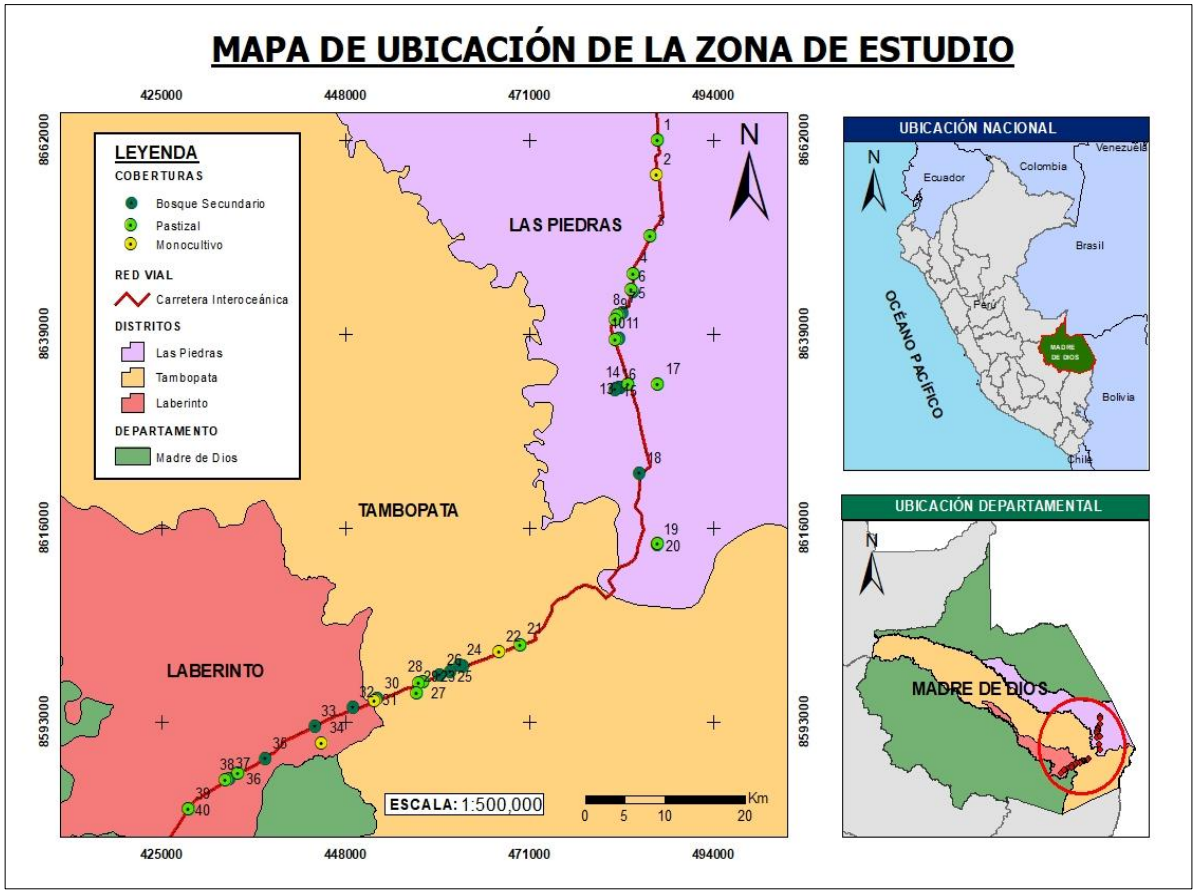


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo distribuidos en los distritos de Las Piedras, Tambopata y Laberinto.

3.4. Métodos y técnicas

3.4.1. Ubicación política y geográfica

La recolección de información se llevó a cabo en la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, abarcando los distritos de Las Piedras, Tambopata y Laberinto. Los sitios de estudio se localizaron a lo largo del tramo de la carretera Interoceánica Sur comprendido entre los sectores seleccionados para la investigación (Figura 2). Las parcelas evaluadas estuvieron distribuidas en tres tipos de cobertura de suelo: bosque secundario, pastizal y monocultivo, todas afectadas por incendios forestales ocurridos durante la temporada de estiaje del año 2024 (Tabla 3, Anexo 3).

Ubicación Política

Departamento: Madre de Dios

Provincia: Tambopata

Distritos: Las Piedras - Tambopata – Laberinto

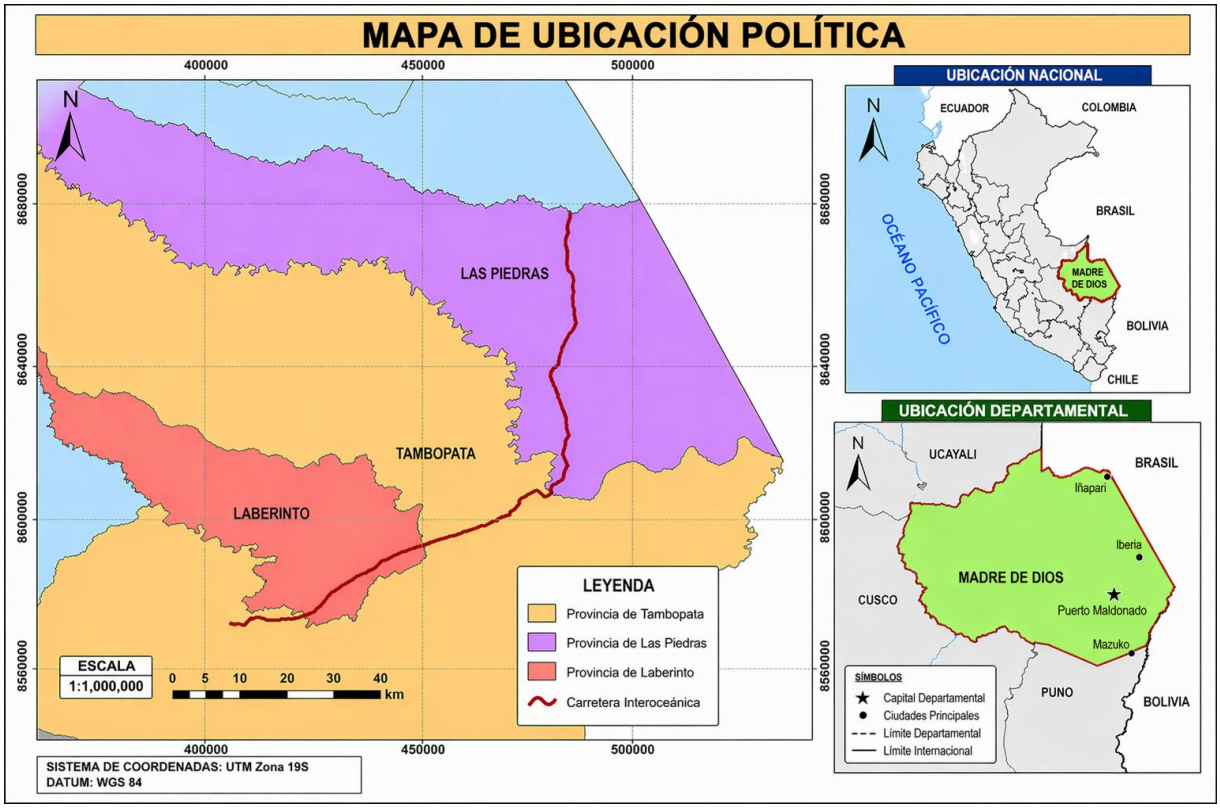


Figura 2. Mapa de ubicación política del área de estudio, en provincia Tambopata.

3.4.2. Descripción de las características del sitio

De acuerdo con la Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Madre de Dios GOREMAD y IIAP (2009), la provincia de Tambopata tiene un clima que varía entre húmedo y subhúmedo, lo cual influye en las condiciones ecológicas y productivas. Las temperaturas son relativamente altas, con mínimas que pueden llegar hasta los 17 °C y máximas que alcanzan los 33 °C. Además, la precipitación anual en el distrito de Tambopata muestra una variabilidad considerable, con lluvias que oscilan entre los 2100 mm y 5000 mm. Asimismo, el periodo de lluvias en la región se extiende entre noviembre a marzo (SENAMHI y ANA 2010).

En cuanto a la clasificación de los suelos de la cuenca del río Madre de Dios, se reconocen cinco órdenes principales: Entisoles, Inceptisoles, Histosoles, Alfisoles y Ultisoles (SENAMHI y ANA 2010).

3.4.3. Condiciones climáticas durante el estudio

Las condiciones climáticas registradas durante el periodo de evaluación, comprendido entre octubre de 2024 y febrero de 2025, fueron obtenidas de la estación meteorológica Puerto Maldonado (WMO 84658) a través de la plataforma Meteostat. Durante este periodo, la temperatura media mensual osciló entre 27,8 °C en octubre y 25,5 °C en enero, mientras que la precipitación acumulada mensual varió entre 140,2 mm y 502,0 mm (Tabla 2)

Tabla 2. Datos meteorológicos durante el estudio**.**

Mes	Temperatura media (°C)	Precipitación acumulada (mm)
Octubre	27,8	140,2
Noviembre	26,4	277,7
Diciembre	26,4	249,1
Enero	25,5	502
Febrero	25,7	313,2

Fuente: Datos meteorológicos de la estación Puerto Maldonado (WMO 84658), obtenidos mediante la plataforma Meteostat.

Los registros climáticos evidencian una variación temporal de la precipitación durante el periodo de evaluación, registrándose el valor más alto en enero de 2025. Estas condiciones corresponden a la transición entre el final de la temporada de estiaje y el establecimiento de la época lluviosa en la provincia de Tambopata, constituyendo el contexto climático bajo el cual se desarrolló el estudio de recolonización natural de macroinvertebrados edáficos.

3.4.4. Etapa de campo

En cada parcela se establecieron cinco transectos lineales paralelos, separados entre sí por una distancia de 20 m. Cada transecto fue evaluado en un mes diferente durante los cinco meses de monitoreo, manteniendo una disposición espacial uniforme dentro de la parcela (Figura 3). En cada transecto se ubicaron seis puntos de muestreo distribuidos linealmente y separados entre sí por 5 m (Figura 5).

Este diseño permitió evaluar la dinámica temporal de la recolonización de macroinvertebrados y las propiedades del suelo a lo largo del periodo de estudio, evitando el remuestreo de los mismos puntos. De esta manera, se minimizaron los posibles efectos de perturbación asociados a la extracción repetida de muestras de suelo y macrofauna, garantizando la independencia de las observaciones realizadas en cada evaluación.

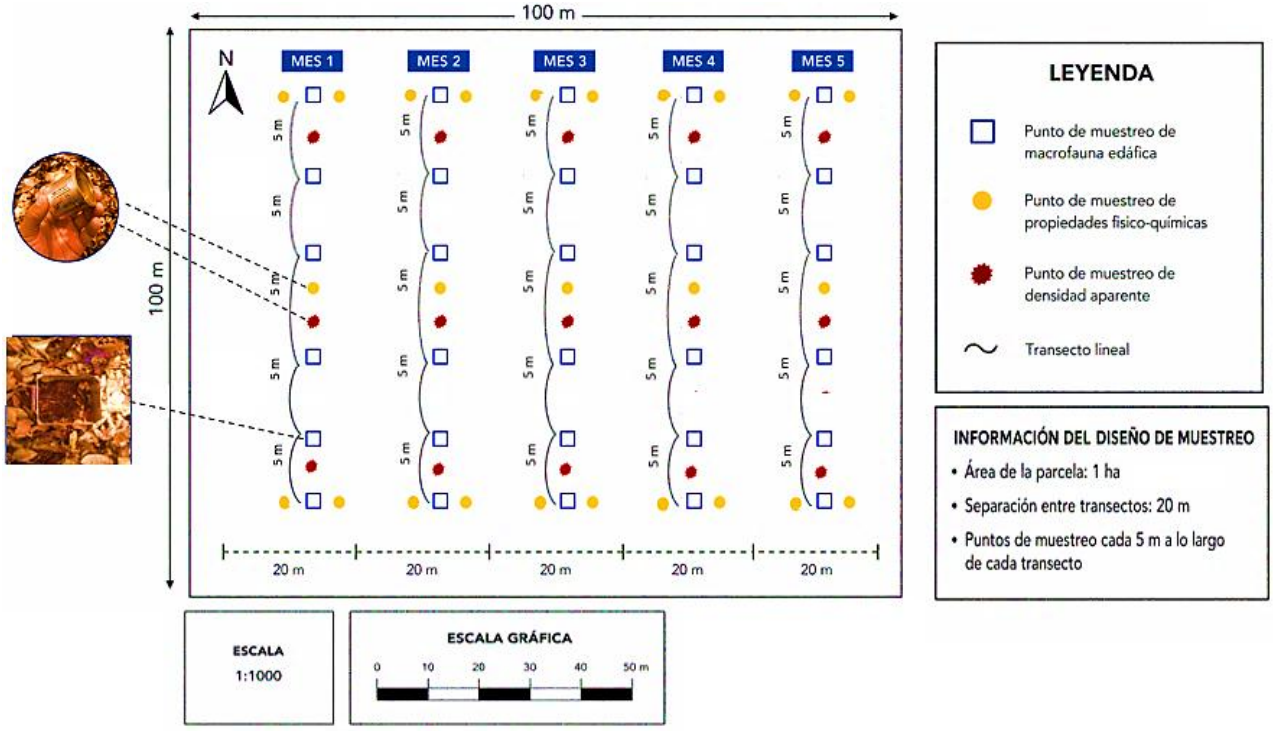


Figura 3. Diagrama de muestreo por transecto lineal con puntos ubicados cada 5 metros, repetido en cada mes de evaluación por cada área.

a. Muestreo de macroinvertebrados

Para el muestreo de macroinvertebrados edáficos se aplicó la metodología propuesta por Anderson e Ingram (1993), conocida como Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF), la cual consiste en la extracción de bloques monolíticos de suelo con dimensiones de 25 cm × 25 cm y una profundidad de 10 cm. La toma de muestras se realizó en seis puntos (monolitos) sistemáticamente distribuidos en disposición lineal dentro de cada parcela, con el fin de capturar la heterogeneidad espacial del hábitat edáfico y representar adecuadamente la variabilidad generada por el tipo de cobertura de suelo (Figura 5).

Cada monolito fue estratificado en cuatro capas verticales para el análisis: hojarasca superficial, 0 - 10 cm, 10 - 20 cm y 20 - 30 cm (Figura 4). Esta técnica permitió obtener datos de macroinvertebrados directamente del suelo en diferentes

profundidades, elementos clave en la evaluación ecológica posterior al incendio.

Los organismos recolectados fueron extraídos manualmente, preservados en alcohol al 70% y llevados al laboratorio para su conteo, pesado e identificación preliminar. Este procedimiento fue repetido mensualmente durante el periodo de evaluación, lo que permitió observar patrones de recolonización en función del tiempo posterior al incendio.

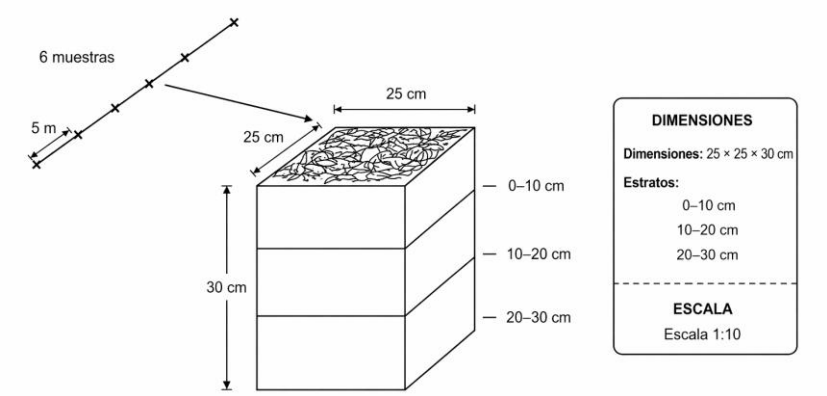


Figura 4. Protocolo de muestreo de "Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF)" por Anderson e Ingram (1993).

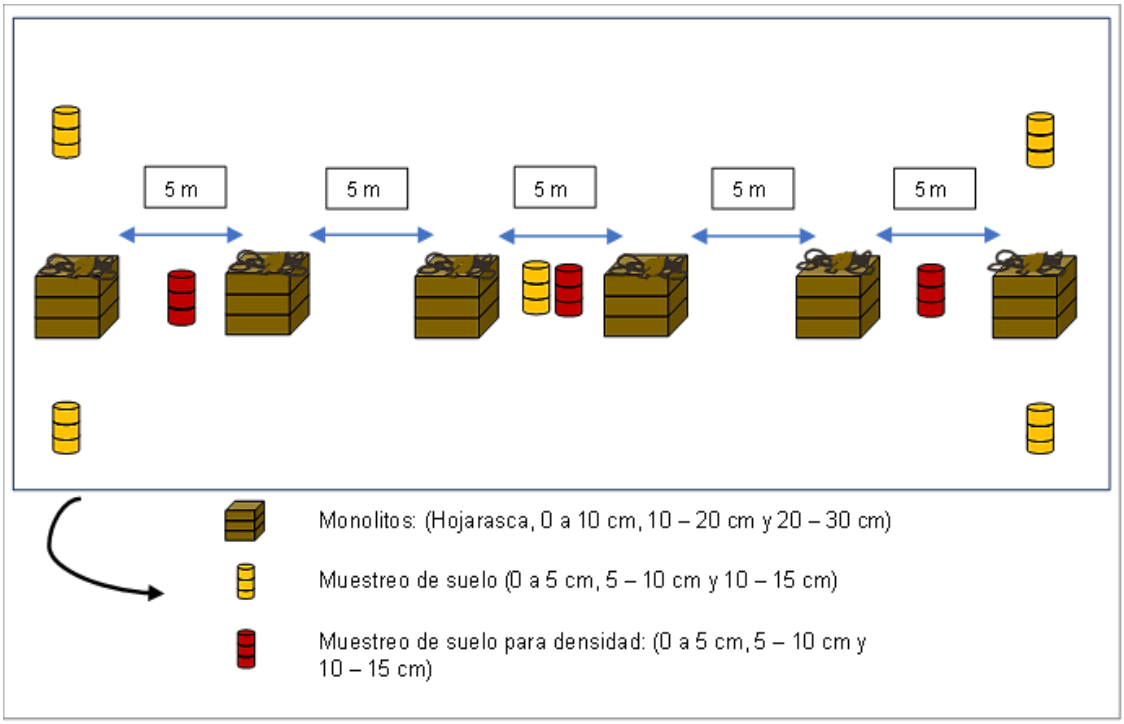


Figura 5. Diseño de muestreo de macroinvertebrados (6 monolitos) y muestreo de suelos (8 puntos de muestreo) por cada área afectada.

b. Muestreo de suelo

Para el análisis de las características fisicoquímicas del suelo, se establecieron ocho puntos de muestreo por parcela. De estos, tres puntos fueron destinados a la determinación de la densidad aparente, mientras que los cinco puntos restantes se emplearon para el análisis de las demás propiedades del suelo (textura, pH, materia orgánica, nitrógeno total, fósforo disponible, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, potasio intercambiable, CICe y Al+H). En cada punto se tomaron muestras a tres profundidades: 0 – 5 cm, 5 – 10 cm y 10 – 15 cm (Figura 5).

Para la determinación de la densidad aparente, se obtuvieron nueve muestras individuales por parcela (3 puntos × 3 profundidades), las cuales fueron procesadas de manera independiente mediante el método del cilindro de volumen conocido. Posteriormente, los valores obtenidos para cada profundidad fueron promediados, obteniéndose un valor representativo por parcela para las profundidades de 0–5 cm, 5 – 10 cm y 10 – 15 cm.

Para el análisis de las demás propiedades fisicoquímicas, se recolectaron quince submuestras por parcela (5 puntos × 3 profundidades). Las cinco submuestras correspondientes a una misma profundidad fueron homogenizadas para conformar una muestra compuesta representativa. De esta manera, se obtuvieron tres muestras compuestas por parcela, correspondientes a las profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm y 10 – 15 cm, las cuales fueron secadas, acondicionadas y enviadas al laboratorio para su análisis.

La obtención de múltiples puntos de muestreo permitió captar la variabilidad espacial del suelo dentro de cada parcela, mientras que el uso de muestras compuestas por profundidad proporcionó una muestra más representativa de

las condiciones edáficas de cada cobertura evaluada. Este procedimiento fue realizado mensualmente durante los cinco meses de evaluación

3.4.5. Etapa de laboratorio

3.4.5.1. Análisis de macroinvertebrados

Procesamiento de macroinvertebrados

Las muestras de macroinvertebrados recolectadas en campo fueron preservadas en alcohol al 70 % y almacenadas en el laboratorio de suelos de la UNAMAD. Posteriormente, se realizó su procesamiento en laboratorio, que incluyó la identificación taxonómica, registro fotográfico, conteo y determinación de biomasa de los organismos.

a. **Identificación**

La identificación de los macroinvertebrados se realizó con ayuda de lupa estereoscópica y del microscopio digital DINO-LITE, lo que permitió la clasificación taxonómica hasta el nivel de orden. Este proceso se desarrolló bajo un protocolo de control de calidad que incluyó la verificación independiente de los especímenes, la validación taxonómica y el registro fotográfico como evidencia y respaldo del procedimiento (Figura 49 del Anexo 4). Asimismo, la identificación contó con la asesoría y supervisión directa del especialista Dr. Joel Peña Valdeiglesias, quien brindó orientación metodológica durante el proceso, validó la determinación morfológica de los especímenes y resolvió discrepancias taxonómicas, asegurando la consistencia y precisión en la asignación de las categorías taxonómicas establecidas.

La identificación taxonómica se apoyó en literatura especializada y claves de referencia para

invertebrados edáficos e insectos. Debido a que la determinación se realizó hasta el nivel de orden, no fue necesario emplear claves específicas para la región amazónica, ya que los caracteres diagnósticos a este nivel son de aplicación general. En este proceso se utilizaron como referencia la *Guía básica de entomología: Insectos de importancia agrícola* (Zumbado-Arrieta y Azofeifa-Jiménez 2018), la *Biodiversidad de la fauna edáfica del Suelo de Conservación de la Ciudad de México* (López-Gutiérrez et al. 2025), el *Manual para coleta de macrofauna do solo* (Aquino 2001) y el *Soil Macrofauna Field Manual: Technical Level* (Ruiz, Lavelle y Jiménez 2008), los cuales sustentaron la identificación morfológica de los organismos.

b. Registro Fotográfico

Se realizó el registro fotográfico de los especímenes mediante microscopio digital DINO-LITE, con iluminación controlada para facilitar la observación de características morfológicas. Las imágenes obtenidas fueron utilizadas como respaldo del proceso de identificación taxonómica.

c. Conteo

Se realizó el conteo de individuos por cada orden taxonómico, los cuales fueron agrupados según la profundidad de muestreo (hojarasca, 0 – 10 cm, 10 – 20 cm y 20 – 30 cm). Se excluyeron los individuos fragmentados o incompletos que no permitieron su identificación taxonómica.

d. Pesado y registro

La biomasa de los macroinvertebrados se determinó mediante el pesaje del total de individuos por cada orden taxonómico, utilizando una balanza analítica de

precisión (±0,0001 g). Los valores fueron registrados junto con la información correspondiente a cada muestra, incluyendo número de parcela y tipo de cobertura.

3.4.5.2. Para determinar las características físicas y químicas de suelo

Las muestras de suelo extraídas a las profundidades de 0 – 5 cm, 5 – 10 cm y 10 – 15 cm fueron acondicionadas para su análisis (ver Figura 50 del Anexo 4). La densidad aparente del suelo fue determinada en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD), siguiendo los procedimientos descritos por Bazán-Tapia (2017) (Figura 51 del Anexo 4). Por su parte, los análisis de textura y de las propiedades químicas del suelo (materia orgánica, pH, nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio, CICe y Al+H) fueron realizados por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa. Los resultados fueron entregados mediante informes técnicos digitales, los cuales fueron organizados y sistematizados en una base de datos para su posterior análisis. Se incluyen ejemplos representativos de dichos informes en las Figuras 57 y 58 del Anexo 5.

- **Textura del suelo**

La textura del suelo fue determinada por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa mediante el método de Bouyoucos por hidrometría.

- **Densidad aparente del suelo**

La densidad aparente del suelo fue determinada mediante el método del cilindro descrito por Bazán-Tapia (2017), Este procedimiento consiste en secar una muestra de suelo de volumen conocido en un horno a 105 °C durante 24 horas y

posteriormente registrar el peso total utilizando una balanza analítica (ver Figura 51 del Anexo 4). La densidad aparente se calculó mediante la ecuación (1):

$$DAp\left(\frac{g}{cm^3}\right) = \frac{Peso\ del\ suelo\ seco}{Volumen\ del\ suelo} \quad (1)$$

- **Materia orgánica**

La materia orgánica fue determinada mediante el método de Walkley y Black.

- **pH**

El pH del suelo fue determinado mediante el método potenciométrico, siguiendo el método EPA 9045D de la United States Environmental Protection Agency (EPA) (2004).

- **Nitrógeno**

El contenido de nitrógeno total del suelo se determinó mediante combustión seca, conforme a la norma ISO 13878:1998 de la (International Organization for Standardization (ISO) (1998).

- **Fósforo**

Para la determinación del fósforo disponible, se emplearon dos metodologías dependiendo de las condiciones del suelo: en suelos ácidos se utilizó el método de Bray y Kurtz (1945).

- **Calcio**

Determinado de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000).

- **Magnesio**

El contenido de magnesio intercambiable en el suelo fue determinado conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-

021-RECNAT-2000 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000).

- **Potasio**

El potasio intercambiable se efectuó conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000).

- **CICe**

La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) del suelo fue determinada de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2000).

- **Al+H**

La acidez intercambiable del suelo se determinó mediante la extracción de los cationes ácidos (principalmente H^+ y Al^{3+}) utilizando una solución de cloruro de potasio 1 normal (KCl 1N).

3.5. Materiales, equipos y herramientas

Materiales

- Bolsa pequeña y grande
- Bolsa de traslado
- Botellas de plástico
- Plástico blanco
- Pilas Duracell AA
- Marco muestreador
- Cilindro muestreador
- Libreta de campo
- Marcadores
- Alcohol
- Tubetes
- Gradilla
- Envases de aluminio
- Pinza entomológica
- Papel filtro
- Etiquetas
- Cinta masking

Equipos

- GPS Garmin 64S
- Laptop ACER

Herramientas

- Pala
- Comba
- Cuchilla

- Wincha de 50 m

Materiales de laboratorio

- Vasos de plástico
- Espátulas
- Matraz
- Pipeta
- Jeringa
- Balanza digital
- pH metro
- Electrómetro
- Hidrómetro
- Termómetro
- Cloruro de potasio
- Hidróxido de sodio
- Fenolftaleína
- Agua destilada
- Solución extractora

3.6. Tratamientos de los datos

3.6.1. Pretratamiento

Los datos obtenidos de la evaluación de macroinvertebrados y de las propiedades fisicoquímicas del suelo fueron registrados, organizados y digitalizados en hojas de cálculo utilizando Microsoft Excel 2019. Cada fila representa un punto de muestreo y las columnas corresponden a las variables medidas, tales como densidad, biomasa, diversidad, riqueza, pH, textura, materia orgánica, entre otras.

3.6.2. Análisis descriptivo

Para una primera exploración de los datos, se calcularon estadísticos descriptivos como la media y/o mediana. Este análisis permitió identificar la tendencia central y la variabilidad de las variables ecológicas (densidad, biomasa, diversidad y riqueza de macroinvertebrados) y de las propiedades del suelo. Este análisis se realizó en el software R-Studio (versión 4.0.1), empleando paquetes como ggplot2.

3.6.3. Cálculos ecológicos

Para interpretar los patrones ecológicos de los macroinvertebrados se realizaron los siguientes cálculos:

- **Densidad de macroinvertebrados (ind/m²)**: Se calculó a partir del número total de individuos recolectados y el área de muestreo, mediante la expresión (2):

$$Densidad = \frac{Número\ de\ individuos}{Área\ de\ muestreo\ (m^2)} \quad (2)$$

- **Biomasa de macroinvertebrados (g/m²)**: Se obtuvo dividiendo el peso total de los macroinvertebrados por el área del muestreo. Se calculó mediante la ecuación 3.

$$Biomasa = \frac{Peso\ total\ (g)}{Área\ de\ muestreo\ (m^2)} \quad (3)$$

- **Diversidad:**

  - **Índice de Shannon-Wiener (H')**: La diversidad de macroinvertebrados se determinó mediante el índice de Shannon-Wiener (H'), utilizando el logaritmo natural (ln). Este índice considera la riqueza de los grupos taxonómicos y la distribución de los individuos entre ellos (Shannon y Weaver 1949).

    Se calculó mediante la siguiente expresión (4):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i\, ln(p_i) \quad (4)$$

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

Donde:

H’ = Índice de diversidad de Shannon – Wiener.

S = número total de órdenes registrados.

P_i = proporción de individuos del orden *i* respecto al total de individuos.

N_i = número de individuos del orden *i.*

N = número de total de individuos.

- **Riqueza de macroinvertebrados**: Se determinó mediante el número total de órdenes registrados en cada muestra. Este indicador representa el número de grupos taxonómicos diferentes registrados en una determinada unidad de muestreo.

3.6.4. Análisis inferencial

Previamente, se evaluó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Debido a que las variables no presentaron una distribución normal ($p < 0,05$), se emplearon pruebas no paramétricas para las comparaciones estadísticas.

Para evaluar las diferencias en la densidad, biomasa, diversidad, riqueza de macroinvertebrados y propiedades físicas y químicas del suelo entre las coberturas durante el periodo de evaluación, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Cuando se detectaron diferencias significativas ($p < 0,05$), se realizaron comparaciones múltiples post hoc mediante la prueba de Dunn, con ajuste de Holm, para identificar los pares de coberturas que presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Todos los análisis fueron realizados en el software RStudio, considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$.

3.6.5. Correlación entre variables

Primero, se evaluó la normalidad de las variables mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$), determinándose que estas no presentaban una distribución normal (Tabla 15 del Anexo 3); por lo tanto, los datos fueron considerados de

comportamiento no paramétrico. En consecuencia, se utilizó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman (ρ) para analizar la relación entre variables fisicoquímicas del suelo y las variables biológicas (Índice de diversidad de Shannon). Este análisis se realizó empleando el software RStudio y considerando el nivel de significancia de $p < 0.05$.

La visualización de los resultados se realizó mediante gráficos de dispersión elaborados con el paquete estadístico ggplot2, donde el eje X es la variable independiente (características físicas y químicas del suelo) y el eje Y la variable dependiente (Índice de diversidad de Shannon). En cada gráfico se incluyó el coeficiente de correlación (r), el coeficiente de determinación (R^2), el *p*-valor y el número de pares de datos (n).

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Densidad y biomasa de macroinvertebrados según cobertura y mes

4.1.1. Identificación taxonómica y gremios tróficos de macroinvertebrados

En la figura 6 se muestra que durante el periodo de evaluación se identificaron 19 grupos taxonómicos de macroinvertebrados distribuidos en los tres tipos de cobertura vegetal, destacando Isoptera (34,1%), Crassiclitellata (15,76%) y Polydesmida (8,27%), los cuales pertenecen principalmente al gremio trófico de los detritívoros (Tabla 4 del Anexo 3) (Figura 52 del Anexo 4). Esta dominancia se atribuye a que, luego del incendio, estos organismos ayudan en la biodegradación y en la recuperación funcional del suelo. Asimismo, Huang et al. (2024) señalan que los detritívoros son resilientes al incendio debido a que muchos de estos organismos se protegen en los estratos subterráneos desplazándose hacia capas profundas para evitar el estrés térmico causado por el fuego.

Los depredadores constituyeron otro gremio trófico representativo, siendo Hymenoptera (22,45 %), Coleoptera (7,02 %) y Araneae (1,67 %) los grupos taxonómicos más representados (Figura 53 del Anexo 4). De manera similar Huang et al. (2024) encontraron en pastizales donde los grupos más abundantes fueron los detritívoros (40 %) y depredadores (30 %). La presencia de depredadores podría relacionarse con su capacidad de recolonización posterior al disturbio, favorecida por la recuperación vegetal, por ende, la mejora de condiciones micro ambientales. Según Ramirez-Caballero (2022), menciona que estos grupos tienden a ser considerados

como grupos oportunistas ya que tienen la capacidad de adaptarse a cualquier perturbación y alimentarse de los restos disponibles después del incendio.

De manera complementaria, Torres-Coronel (2025) reportó en una plantación de pino afectada por incendios la presencia de tres órdenes de macroinvertebrados, destacando Coleoptera con 54 ind/m², seguido de Crassiclitellata (15 ind/m²) y Hymenoptera (6 ind/m²). Aunque el estudio se realizó en plantaciones de pino, bajo condiciones ecológicas distintas a las de la Amazonía, ambos estudios registraron la presencia de grupos taxonómicos que persistieron después de eventos de quema. Asimismo, en un estudio realizado en bosques secundarios, Ramirez-Caballero (2022) registró ocho grupos taxonómicos posteriores a un evento de quema, siendo Isoptera el grupo más abundante (200 ind/m²), seguido por Crassiclitellata, Hymenoptera, Díptera, entre otros.

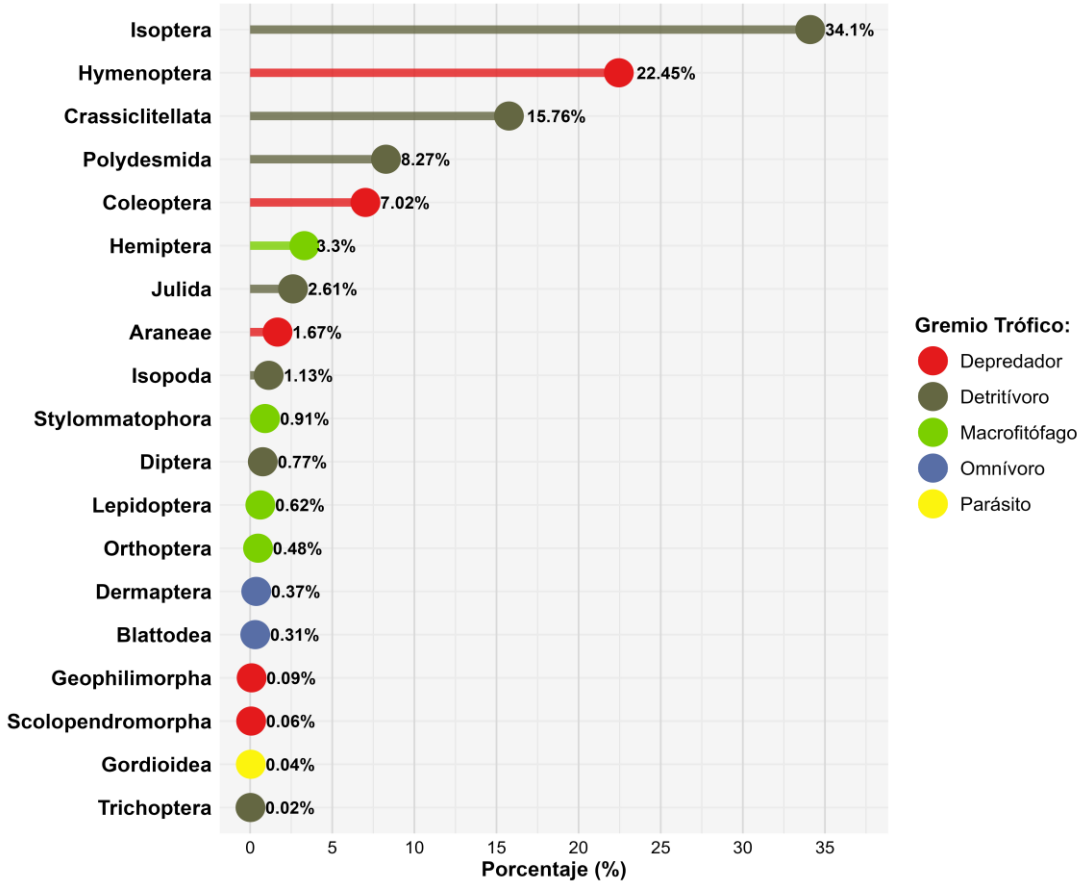


Figura 6. Grupos taxonómicos y gremios tróficos de macroinvertebrados post incendios a lo largo de los 5 meses de evaluación.

4.1.2. Densidad de macroinvertebrados según cobertura y mes

Con el fin de evaluar si la densidad de macroinvertebrados presentó diferencias entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de manera independiente para cada mes de evaluación. Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas durante los cinco meses de monitoreo ($p > 0,05$ en todos los periodos; ver valores detallados en la Figura 31 del Anexo 3).

Los resultados inferenciales indicaron ausencia de diferencias significativas entre coberturas; sin embargo, a nivel descriptivo se observaron variaciones en la dinámica temporal y composición taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados en cada tipo de cobertura.

Cobertura de bosque secundario

En la cobertura de bosque secundario, la densidad promedio de macroinvertebrados mostró una tendencia general de incremento a lo largo del periodo de evaluación, aumentando desde 69 ind/m^2 en el primer mes hasta alcanzar los 92 ind/m^2 en el quinto mes de monitoreo (Tabla 5 del Anexo). Asimismo, durante el primer mes de evaluación, cuatro parcelas no registraron presencia de macroinvertebrados; sin embargo, en los meses posteriores estas unidades de muestreo comenzaron a presentar registros de fauna edáfica.

La estructura de la comunidad en bosque secundario evidenció la predominancia de los órdenes Isoptera e Hymenoptera durante los primeros meses posteriores al incendio. Ambos grupos presentaron un incremento considerable desde el primer mes de evaluación, alcanzando sus mayores densidades entre el cuarto y tercer mes, respectivamente. Seguido de una disminución gradual en hacia los meses finales de la evaluación.

Por el contrario, otros grupos taxonómicos como Crassiclitellata, Coleoptera y Polydesmida presentaron densidades intermedias, con promedios que oscilaron entre 4 ind/m^2 y 9 ind/m^2. Estos órdenes mantuvieron una presencia constante a lo largo de los cinco meses de evaluación; sin embargo, no

alcanzaron los niveles de dominancia registrados para Isoptera e Hymenoptera. Por su parte, los demás órdenes evidenciaron valores promedio bajos, en su mayoría inferiores a 4 ind/m^2, además de registrar ausencias temporales durante algunos periodos de evaluación (Figura 7; Tabla 5 del Anexo 3).

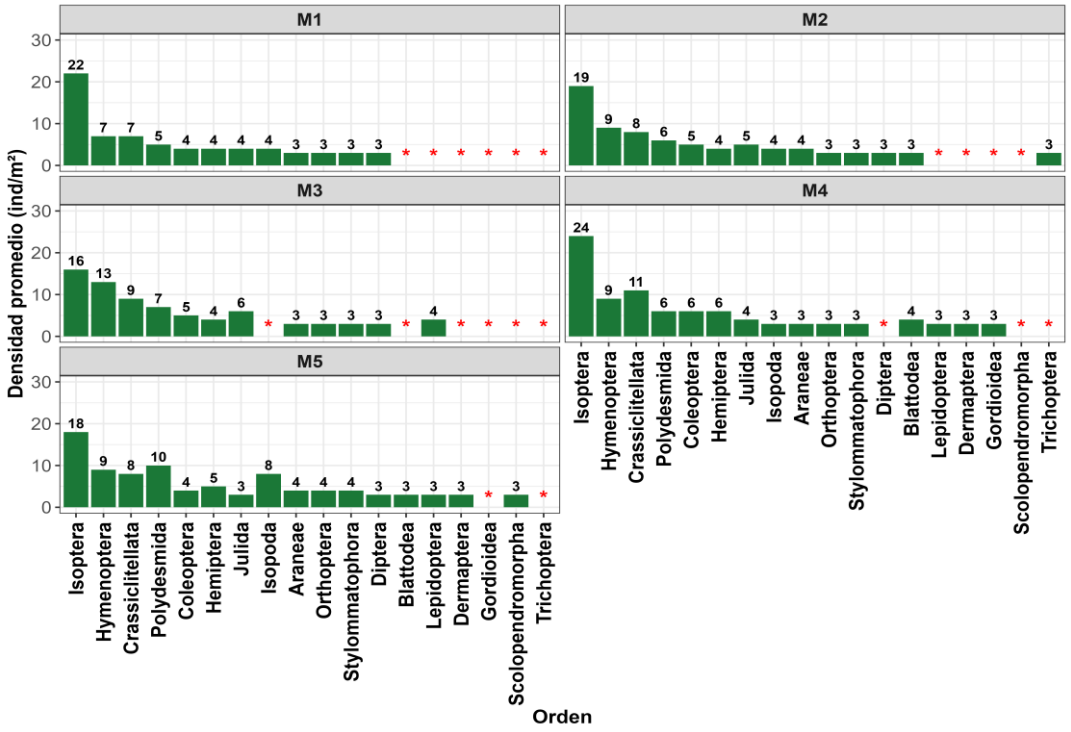


Figura 7. Densidad promedio de macroinvertebrados en la cobertura de bosque secundario.

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la densidad promedio (ind/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Cobertura de pastizal

En la cobertura de pastizal, la densidad promedio de macroinvertebrados mostró un incremento progresivo a lo largo del periodo de estudio, aumentando desde 82 ind/m^2 al inicio hasta alcanzar los 103 ind/m^2 en el quinto mes de evaluación (Tabla 6 del Anexo 3). Asimismo, durante el primer mes de monitoreo, tres parcelas no registraron presencia de macroinvertebrados; sin embargo, en los meses posteriores estas unidades de muestreo comenzaron a presentar registros de macroinvertebrados edáficos.

A nivel taxonómico, el orden Isoptera se posicionó como el principal contribuyente a la densidad poblacional, mostrando una notable estabilidad con valores casi invariables que oscilaron entre 18 ind/m^2 y 22 ind/m^2 durante los meses evaluados. En segundo plano se ubicaron los órdenes Crassiclitellata y Hymenoptera cuyos promedios oscilaron entre 7 ind/m^2 y 12 ind/m^2 mostrando también una relativa estabilidad temporal (Figura 8).

Por otro lado, durante el cuarto mes (M4) se registró un incremento marcado del orden Diptera, alcanzando una densidad promedio de 14 ind/m^2, mientras que en los meses previos sus valores fueron bajos (≤ 4 ind/m^2). Asimismo, el orden Polydesmida mostró una tendencia general de incremento alcanzando su mayor densidad promedio en el quinto mes. En contraste, otros órdenes mantuvieron promedios bajos y apariciones irregulares (< 4 ind/m^2).

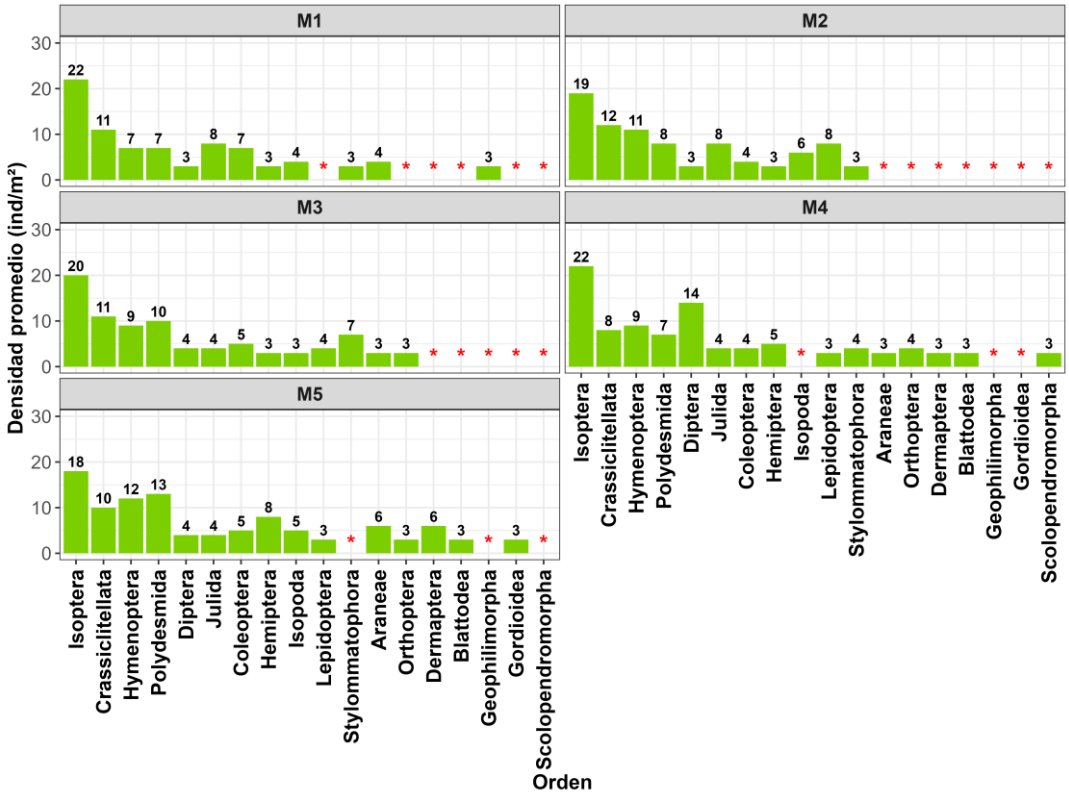


Figura 8. Densidad promedio (ind/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de pastizal.

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la densidad promedio (ind/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Cobertura de monocultivo

En esta cobertura, la dinámica de la comunidad de macroinvertebrados fue más inestable en comparación con las otras coberturas evaluadas. Durante la fase inicial se registraron densidades promedio relativamente altas de 81 ind/m^2, seguidas de un descenso en el segundo mes (74 ind/m^2) y un ligero incremento en el tercer mes (85 ind/m^2); sin embargo, a partir de este punto se evidenció una disminución progresiva hacia el cuarto (70 ind/m^2) y quinto mes de evaluación (59 ind/m^2) (Tabla 7 del Anexo 3).

En cuanto a la composición taxonómica, el orden Isoptera fue el principal contribuyente a la densidad en la mayoría de los muestreos, destacando especialmente en el tercer mes, con valores promedio de 34 ind/m^2. Otros órdenes como Crassiclitellata, Hymenoptera, Polydesmida e Isópoda, presentaron densidades intermedias y marcadas oscilaciones mensuales con incrementos muy puntuales, pero careciendo de dominancia sostenida a lo largo del tiempo. Por su parte, el resto de los órdenes registraron valores promedios bajos, generalmente inferiores a 4 ind/m^2, acompañados de discontinuidades (Figura 9).

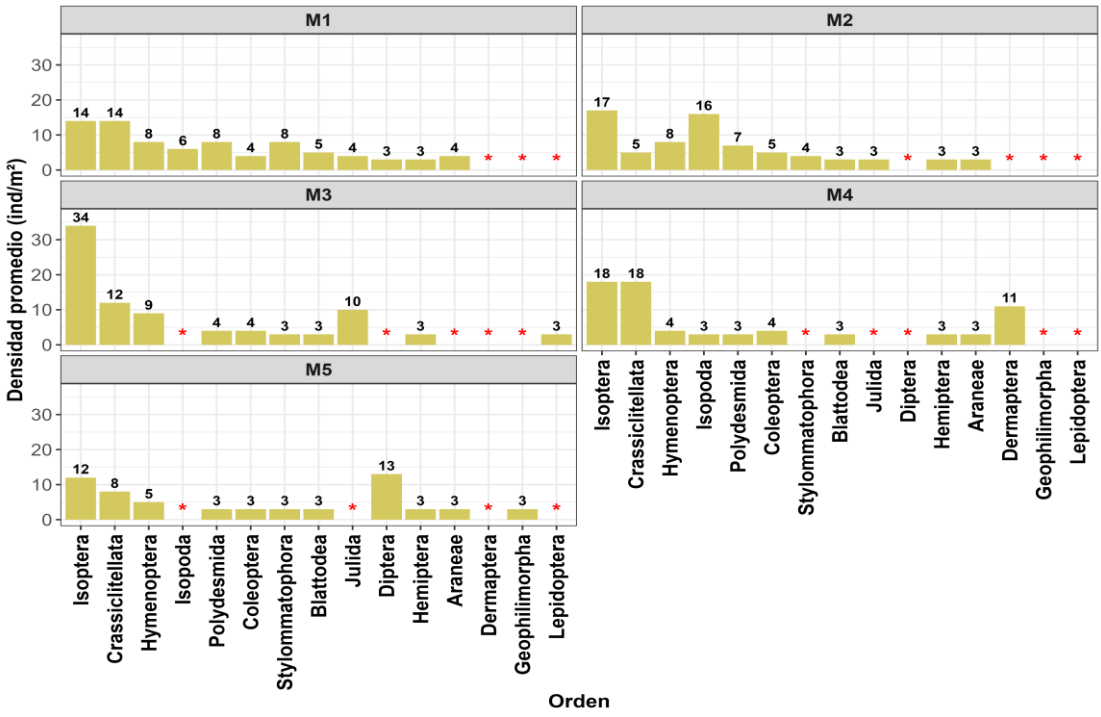


Figura 9. Densidad promedio (ind/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura monocultivo.

***Nota*.** M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la densidad promedio (ind/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la densidad de macroinvertebrados no presentó diferencias estadísticamente significativas entre bosque secundario, pastizal y monocultivo durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio. En consecuencia, no se encontraron evidencias estadísticas suficientes para aceptar la hipótesis planteada respecto a la densidad de macroinvertebrados.

A pesar de la ausencia de diferencias significativas, el análisis descriptivo evidenció un incremento de la densidad de macroinvertebrados en bosque secundario y pastizal hacia los últimos meses de monitoreo, mientras que el monocultivo mostró una tendencia más variable. Este patrón podría estar asociado con la recuperación progresiva de la cobertura vegetal, la cual favorece la recolonización al aumentar la disponibilidad de alimento y refugio para la macrofauna edáfica (Reátegui-López 2013; Puga et al. 2024).

Asimismo, los órdenes Isoptera e Hymenoptera fueron los grupos que contribuyeron en mayor medida a la densidad registrada en las distintas coberturas. La predominancia de estos órdenes coincide con lo reportado por Costa et al. (2022) y Ramirez-Caballero (2022), quienes documentaron una elevada representación de estos taxones en ecosistemas sometidos a perturbaciones por fuego.

Los resultados también muestran similitudes con estudios realizados en ecosistemas amazónicos no perturbados. Sanchez-Diaz (2018) reportó en bosque secundario una densidad promedio de 65,2 ind/m², con predominio de los órdenes Isoptera, Hymenoptera y Coleoptera. En pastizales registró 115,6 ind/m², donde Hymenoptera y Coleoptera fueron los grupos más representativos, mientras que en monocultivos registró 105,2 ind/m², dominados principalmente por Hymenoptera y Crassiclitellata. De manera similar, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) reportaron que Isoptera, Hymenoptera y Coleoptera fueron los órdenes predominantes en bosques de terraza.

Diversos estudios sugieren que la respuesta de la macrofauna edáfica posterior a incendios no depende únicamente del tipo de cobertura vegetal, sino también de factores ambientales como la humedad, la temperatura del suelo y las condiciones previas del sistema evaluado (Huang et al. 2024; Olliff 2021), lo que evidencia la influencia conjunta de factores bióticos y abióticos en su recuperación. En este contexto, los resultados obtenidos deben interpretarse considerando que el estudio se desarrolló durante la transición entre la temporada de estiaje y el establecimiento de la época lluviosa. Durante este periodo, la precipitación acumulada mensual aumentó de 140,2 mm en octubre a 502,0 mm en enero (Tabla 2), evidenciando un incremento progresivo de las lluvias. Estas condiciones pudieron favorecer la recuperación de la humedad del suelo y generar un ambiente más propicio para la actividad, supervivencia y recolonización de los macroinvertebrados edáficos después del incendio. No obstante, la influencia específica de la precipitación sobre la densidad de macroinvertebrados no fue evaluada estadísticamente en el presente estudio, por lo que su posible efecto debe interpretarse como un factor contextual que pudo contribuir a los patrones observados.

4.1.3. Densidad de macroinvertebrados por profundidad y mes

Hojarasca (profundidad I)

En la capa superficial (hojarasca), la mayor densidad de macroinvertebrados se concentró principalmente durante los meses M2, M3 y M5 posteriores al incendio, registrándose valores promedio superiores a 140 ind/m^2. En conjunto, este estrato alcanzó una densidad promedio acumulada de 802 ind/m^2. En cuanto al tipo de cobertura, el bosque secundario registró una densidad promedio acumulada de 338 ind/m^2, constituyéndose como el valor más alto entre las tres coberturas evaluadas. En este estrato, Hymenoptera fue el grupo taxonómico más abundante a lo largo de todo el periodo de evaluación; sin embargo, sus densidades presentaron fluctuaciones espacio-temporales, caracterizadas por incrementos continuos en las áreas de pastizal, en contraste con una disminución progresiva en el bosque secundario (Figura 10; Tabla 8 del Anexo 3).

En áreas de bosque secundario, los grupos taxonómicos Hymenoptera e Isoptera mostraron un incremento pronunciado desde el primer mes, alcanzando sus mayores densidades entre el segundo y tercer mes, para luego disminuir progresivamente en las etapas finales del monitoreo.

Por otro lado, en la cobertura de pastizal, el orden Hymenoptera mantuvo densidades relativamente estables durante el periodo de evaluación, observándose una meseta de estabilidad hacia el cuarto y quinto mes. Las áreas de monocultivo presentaron apariciones discontinuas de los diferentes órdenes, lo que se reflejó en densidades promedio bajas a lo largo de todo el periodo de estudio. En conjunto, esta cobertura registró una densidad acumulada de 211 ind/m^2, correspondiente al valor más bajo entre las coberturas evaluadas.

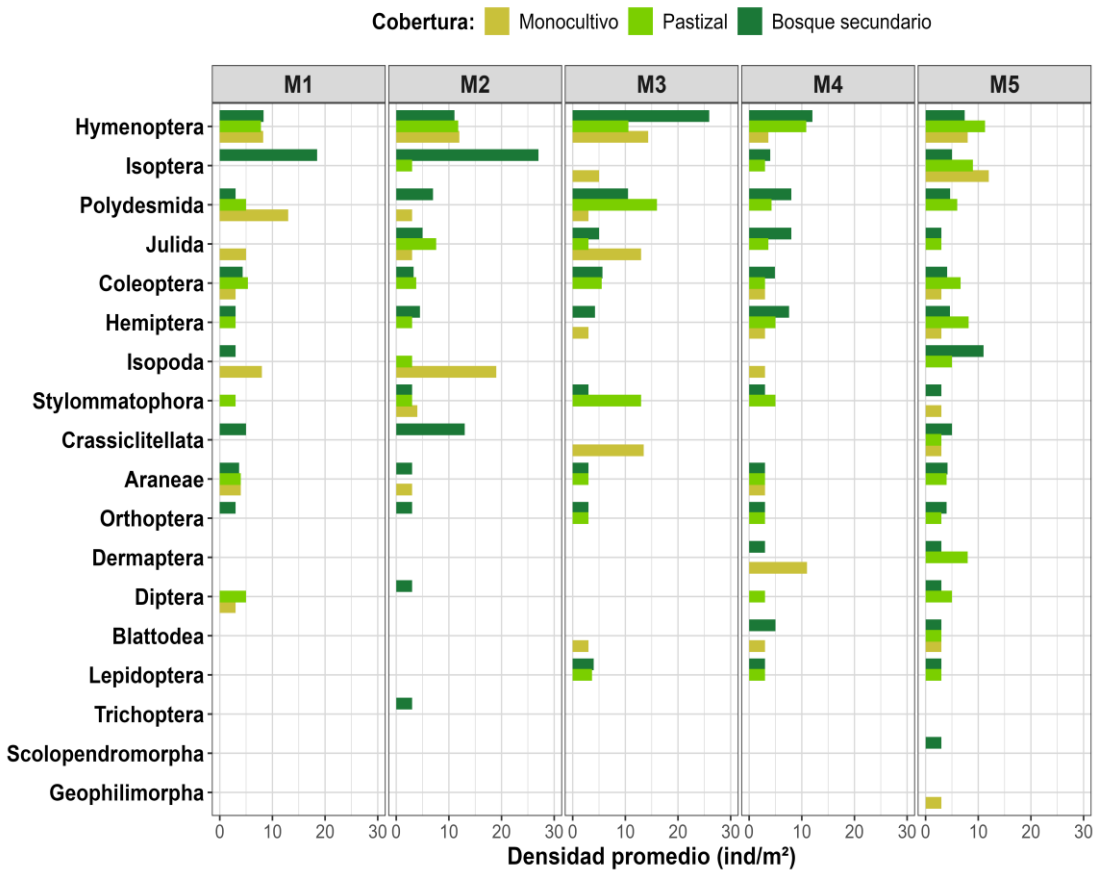


Figura 10. Densidad promedio de macroinvertebrados en la profundidad I (Hojarasca).

0 a 10 cm (Profundidad II)

En esta profundidad se registraron las mayores densidades de macroinvertebrados en comparación con los demás estratos evaluados, alcanzando una densidad acumulada de 1267 ind/m^2. Los valores más altos se observaron en los meses finales del monitoreo (M4 y M5), con promedios de 298 ind/m^2 y 241 ind/m^2, respectivamente. Asimismo, este estrato concentró la mayor cantidad de individuos, con predominio de los órdenes Isoptera, Crassiclitellata y Polydesmida (Tabla 9 del Anexo 3).

Durante los primeros meses de evaluación se registró una importante presencia de formas inmaduras, identificándose ninfas de Isoptera, cocones de Crassiclitellata y larvas pertenecientes a los órdenes Diptera, Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera e Hymenoptera.

Al analizar la distribución por cobertura, Isoptera predominó en el bosque secundario durante todo el periodo de evaluación, alcanzando su mayor densidad en el segundo mes con un promedio de 41 ind/m^2. Por su parte, Crassiclitellata presentó densidades intermedias y relativamente homogéneas, mientras que Hymenoptera mostró un incremento gradual hacia el último mes del monitoreo.

La cobertura de pastizal registró la mayor densidad acumulada para este estrato, alcanzando un valor de 498 ind/m^2. En esta cobertura, Isoptera predominó durante los primeros meses de evaluación; sin embargo, durante M4 y M5 se observó un incremento de los órdenes Diptera, Crassiclitellata y Hymenoptera. Por otro lado, la cobertura de monocultivo presentó las menores densidades a lo largo del periodo de estudio. En esta cobertura, Isoptera fue el grupo dominante, registrando su mayor densidad en el tercer mes con un promedio de 52 ind/m^2 (Figura 11). De manera general, la cobertura de monocultivo alcanzó una densidad acumulada de 313 ind/m^2, correspondiente al valor más bajo entre las coberturas evaluadas.

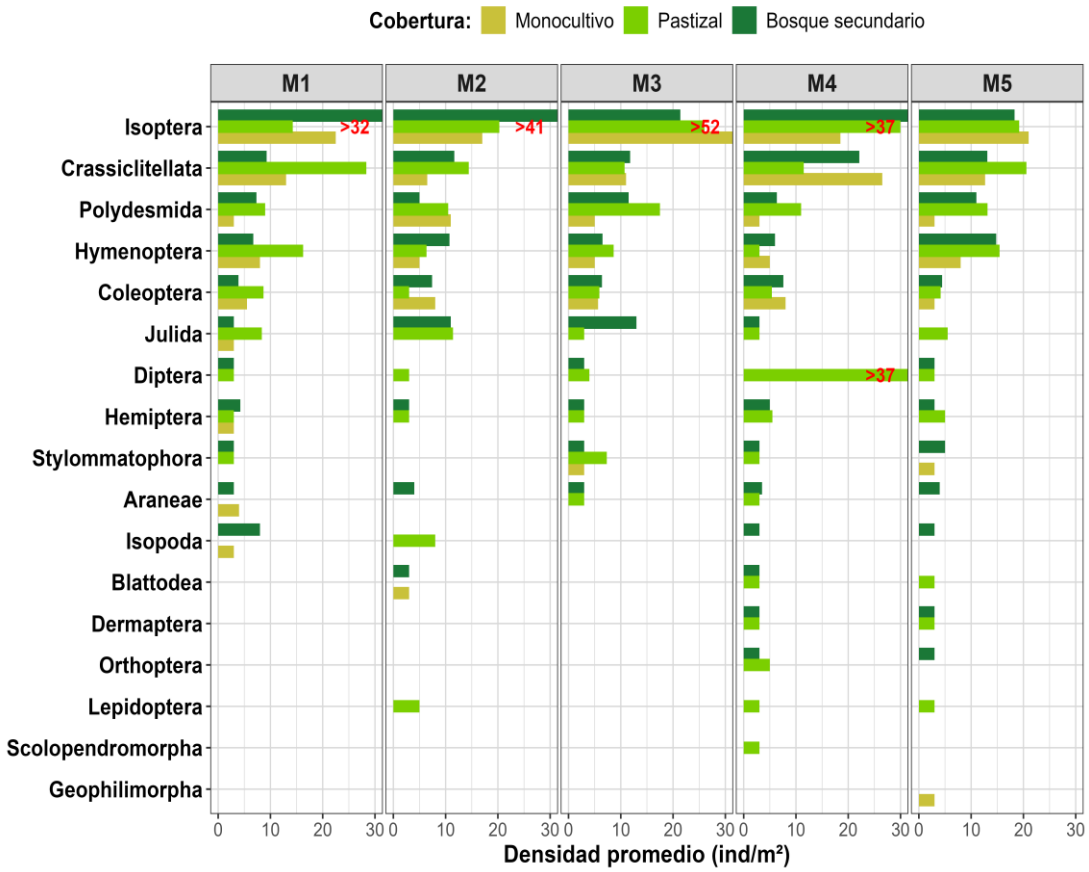


Figura 11. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad II (0 a 10 cm).

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. El símbolo ">" indica que la densidad promedio supera el límite máximo mostrado en el eje horizontal; el número corresponde al valor real observado.

10 a 20 cm (Profundidad III)

En esta profundidad subsuperficial, la densidad de macroinvertebrados alcanzó una densidad acumulada de 885 ind/m², inferior a la registrada en la profundidad de 0 a 10 cm. A nivel temporal, se observó una disminución progresiva hasta el cuarto mes (M4), con un promedio de 145 ind/m², seguida de un incremento en el quinto mes (M5), alcanzando los 182 ind/m². Asimismo, Isoptera se mantuvo como el orden dominante en las tres coberturas evaluadas (Tabla 10 del Anexo 3).

En el bosque secundario, Isoptera evidenció un incremento gradual a lo largo del periodo de evaluación. Por su parte, el orden Crassiclitellata presentó densidades intermedias y relativamente estables durante los cinco meses de monitoreo.

En la cobertura de pastizal se registró una densidad acumulada de 327 ind/m^2. En esta cobertura, Isoptera mostró una disminución durante el tercer mes, seguida de una recuperación en los meses siguientes, mientras que Crassiclitellata presentó una tendencia decreciente y Polydesmida un incremento progresivo a lo largo del periodo evaluado.

Por otro lado, el monocultivo registró una densidad acumulada de 275 ind/m^2, correspondiente al valor más bajo entre las coberturas para esta profundidad. En este entorno, Isoptera se mantuvo como el grupo dominante, alcanzando su mayor densidad en el tercer mes con un promedio de 107 ind/m^2. Asimismo, se registró la presencia de Isopoda únicamente en el segundo mes y de Diptera en el quinto mes de evaluación (Figura 12).

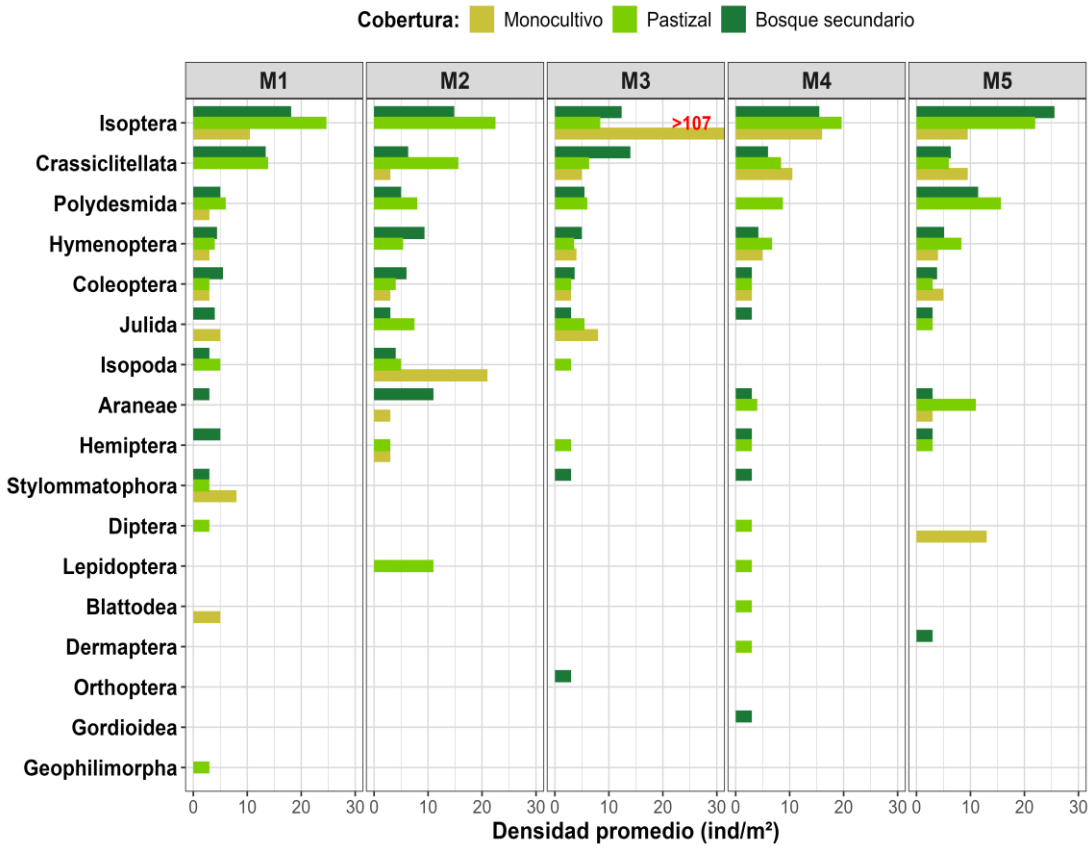


Figura 12. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad III (10 a 20 cm).

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. El símbolo ">" indica que la densidad promedio supera el límite máximo mostrado en el eje horizontal; el número corresponde al valor real observado.

20 a 30 cm (Profundidad IV)

En la profundidad de 20 a 30 cm se registraron las menores densidades de macroinvertebrados, con una densidad acumulada de 574 ind/m^2 durante el periodo de evaluación (Tabla 11 del Anexo 3). Temporalmente, la mayor densidad se registró en el primer mes (M1), con 225 ind/m^2, seguida de una disminución progresiva hasta alcanzar 62 ind/m^2 en el quinto mes (M5). A lo largo del periodo de evaluación, los órdenes Isoptera, Hymenoptera y Crassiclitellata estuvieron presentes durante gran parte del monitoreo, aunque con variaciones en sus densidades (Figura 13).

Por cobertura, el bosque secundario presentó una densidad acumulada de 168 ind/m^2. En esta cobertura, Isoptera fue el orden predominante durante la mayor parte del periodo de evaluación, mientras que Hymenoptera y Crassiclitellata registraron densidades menores y fluctuaciones temporales moderadas.

El pastizal presentó una densidad acumulada de 203 ind/m^2, siendo la cobertura con mayor densidad registrada en esta profundidad. Durante el primer mes, Isoptera alcanzó su mayor densidad; posteriormente, su abundancia disminuyó marcadamente y se mantuvo en niveles bajos durante los meses siguientes. Los demás grupos taxonómicos presentaron densidades reducidas, generalmente inferiores a 3 ind/m^2.

De manera similar, el monocultivo registró una densidad acumulada de 203 ind/m^2. En esta cobertura, Isoptera también constituyó el grupo más representativo; sin embargo, los demás taxones presentaron densidades bajas y una ocurrencia discontinua durante el periodo de evaluación.

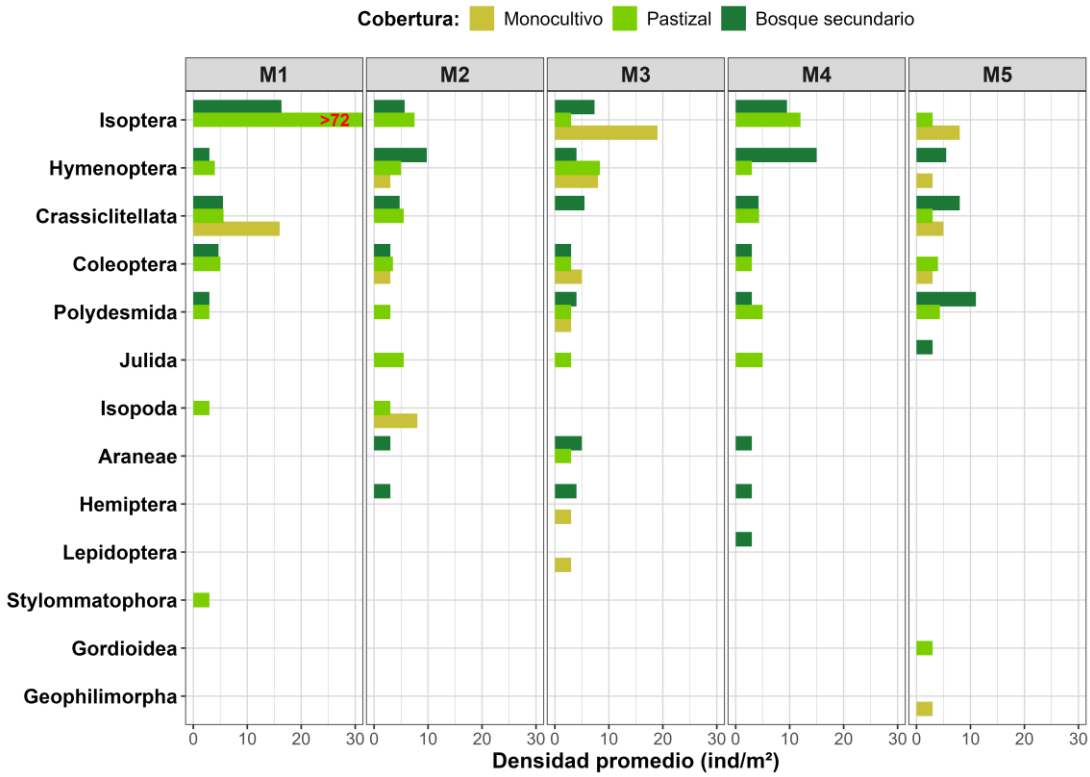


Figura 13. Densidad de macroinvertebrados en la profundidad IV (20 a 30 cm).

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. El símbolo ">" indica que la densidad promedio supera el límite máximo mostrado en el eje horizontal; el número corresponde al valor real observado.

Los resultados descriptivos en función de la profundidad evidenciaron que la mayor concentración de individuos se registró en la profundidad de 0 - 10 cm, seguida por la profundidad de 10 - 20 cm y hojarasca, mientras que los menores valores se observaron en la profundidad de 20 - 30 cm. Este patrón podría estar relacionado con procesos iniciales de recolonización asociados principalmente a los estratos donde existe una mayor disponibilidad de recursos tróficos. En este sentido, Torres-Coronel (2025) señala que las capas superficiales del suelo constituyen ambientes favorables para el establecimiento de la macrofauna debido a la disponibilidad de alimento. Asimismo, Reátegui-López (2013) indica que la recuperación de la vegetación posterior al fuego contribuye al restablecimiento gradual de las condiciones necesarias para la recolonización de la fauna edáfica.

Por otro lado, las menores densidades registradas en el monocultivo coinciden con lo reportado por Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016); Cotrina-Tantavilca

(2022); Diaz-Meza (2020), quienes documentaron disminuciones importantes de la macrofauna en sistemas agrícolas simplificados sometidos a disturbios por quema. Este comportamiento podría estar relacionado con la menor complejidad estructural del sistema y la limitada disponibilidad de recursos tróficos.

La presencia recurrente de ninfas de Isoptera, cocones de Crassiclitellata y diversas larvas de insectos en las capas superficiales y subsuperficiales sugiere que estos estratos ofrecieron condiciones adecuadas para la permanencia y desarrollo de distintos grupos durante las etapas tempranas de recuperación. Asimismo, la dominancia de Isoptera, Hymenoptera y Crassiclitellata en las diferentes profundidades coincide con lo reportado por Ramirez-Caballero (2022); Reátegui-López (2013), quienes describen a estos grupos como componentes frecuentes de ecosistemas perturbados debido a su capacidad de persistir bajo condiciones ambientales adversas.

4.1.4. Biomasa de macroinvertebrados por cobertura y mes

Con el fin de evaluar si la biomasa de macroinvertebrados presentó diferencias entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de manera independiente para cada mes de evaluación. Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas durante los cinco meses de monitoreo ($p > 0,05$ en todos los periodos; ver valores detallados en la Figura 32 del Anexo 3).

En términos inferenciales, se evidenció la ausencia de diferencias significativas en la biomasa entre coberturas. Sin embargo, a nivel descriptivo se observaron variaciones temporales en los valores de biomasa y en la contribución de los distintos grupos taxonómicos dentro de cada cobertura evaluada.

Cobertura de bosque secundario

La biomasa promedio de macroinvertebrados en el bosque secundario presentó variaciones temporales. El mayor valor se registró durante el segundo mes (M2) posterior al incendio con un promedio de 7,00 g/m^2,

seguido del cuarto (M4) y quinto mes (M5). Por su parte, el tercer mes (M3) presentó una biomasa promedio de 4,97 g/m^2, mientras que el menor valor se observó en el primer mes (M1) con 3,14 g/m^2. En conjunto, la biomasa acumulada durante el periodo de estudio alcanzó 25,63 g/m^2 (Tabla 12 del Anexo 3).

El orden Crassiclitellata fue el principal contribuyente a la biomasa total durante la mayor parte del periodo de evaluación. Su biomasa promedio pasó de 1,04 g/m^2 en el primer mes a 1,98 g/m^2 en el quinto mes, registrando los valores más altos dentro de la comunidad.

Asimismo, los órdenes Julida y Polydesmida presentaron los mayores valores de biomasa durante el segundo mes, alcanzando 2,27 g/m^2 y 1,79 g/m^2, respectivamente. Posteriormente, ambos grupos mostraron valores inferiores durante los meses siguientes. Por otro lado, los órdenes Blattodea y Orthoptera registraron incrementos hacia el quinto mes, alcanzando biomasa promedio de 0,67 g/m^2 y 0,60 g/m^2, respectivamente (Figura 14).

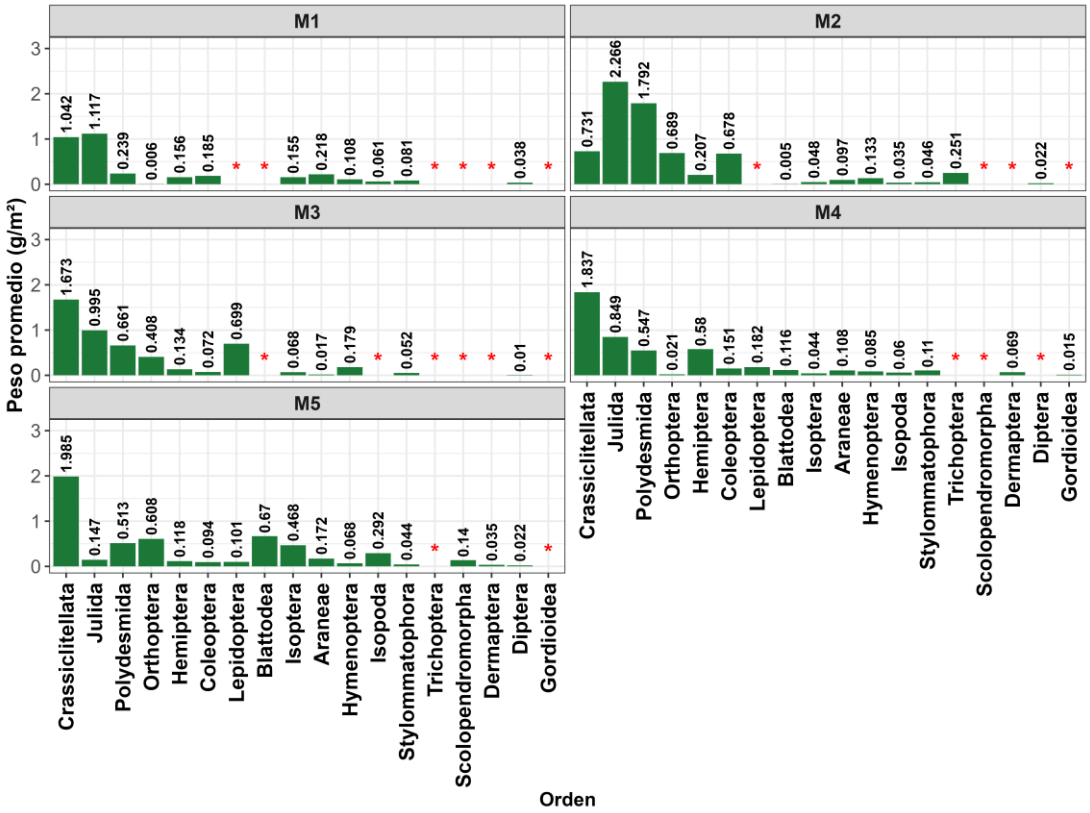


Figura 14. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de bosque secundario.

***Nota*.** M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la biomasa promedio (g/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Cobertura de pastizal

La cobertura de pastizal acumuló una biomasa total de 27,61 g/m^2 durante el periodo de estudio (Tabla 13 del Anexo 3). A nivel mensual, la mayor biomasa promedio se registró en el primer mes (M1) con 7,74 g/m², seguido del quinto mes (M5) con 6,22 g/m^2. Posteriormente, se observaron valores menores en el segundo mes (M2) con 5,42 g/m^2 y el cuarto mes (M4) con 4,52 g/m^2, mientras que el tercer mes (M3) presentó la menor biomasa con 3,71 g/m^2.

En cuanto a la composición taxonómica (Figura 15), el orden Crassiclitellata se mantuvo como el grupo más constante y relevante en la biomasa a lo largo del estudio, iniciando con 1,34 g/m^2 en M1 y alcanzando su mayor valor en M5 con 2,49 g/m^2. Por otro lado, los órdenes Julida y Polydesmida presentaron su mayor contribución en el primer mes (M1), con valores de 3,38 g/m^2 y 2,46 g/m^2, respectivamente, disminuyendo posteriormente.

El incremento de biomasa observado en el quinto mes (M5) se relaciona con la incorporación de taxones de aparición tardía, registrándose en este periodo aportes de Orthoptera (0,95 g/m^2) y Blattodea (0,91 g/m^2), los cuales contribuyeron al aumento de la biomasa total en los últimos meses de evaluación.

Finalmente, los órdenes Isopoda y Lepidoptera se registraron de forma ocasional, con valores de biomasa generalmente inferiores a 0,40 g/m^2 y presencia intermitente a lo largo de los meses evaluados.

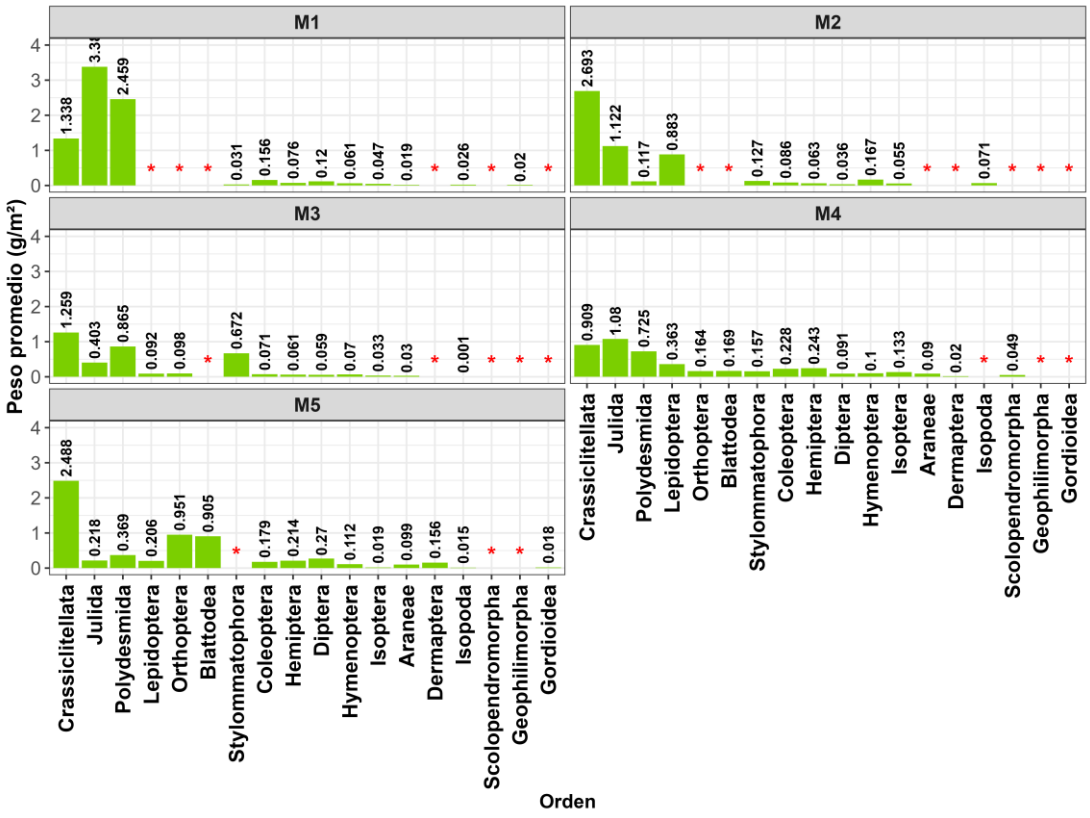


Figura 15. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de pastizal.

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la biomasa promedio (g/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Cobertura de monocultivo

La cobertura de monocultivo registró una biomasa global promedio de 35,29 g/m^2 (Tabla 14 del Anexo 3). A nivel temporal, la mayor biomasa promedio se registró en el primer mes (M1) con 9,02 g/m^2, seguido del tercer mes (M3) con 8,94 g/m^2 y el segundo mes (M2) con 7,51 g/m^2. En contraste, se observó una reducción progresiva en el cuarto mes (M4) con 5,76 g/m^2, alcanzando el valor más bajo en el quinto mes (M5) con 4,07 g/m^2.

En cuanto a la composición taxonómica (Figura 16), Crassiclitellata concentró los valores más altos de biomasa durante gran parte del periodo de estudio, con una dinámica fluctuante que inició en 1,42 g/m^2 en M1, incrementándose hasta su máximo en el cuarto mes (M4) con 4,29 g/m^2, para luego disminuir en el quinto mes (M5) a 1,54 g/m^2.

Asimismo, los órdenes Julida y Polydesmida mostraron aportes relevantes principalmente en las fases iniciales. En el primer mes (M1), Julida alcanzó 2,42 g/m^2, mientras que Polydesmida registró 3,46 g/m^2, reduciendo posteriormente sus valores en M2 (1,55 g/m^2 y 1,32 g/m^2, respectivamente) y presentando un descenso pronunciado hasta niveles cercanos a cero en los meses finales. Finalmente, los demás grupos taxonómicos se caracterizaron por presentar biomasas bajas y estables, generalmente inferiores a 1,00 g/m^2 a lo largo de todo el periodo de evaluación.

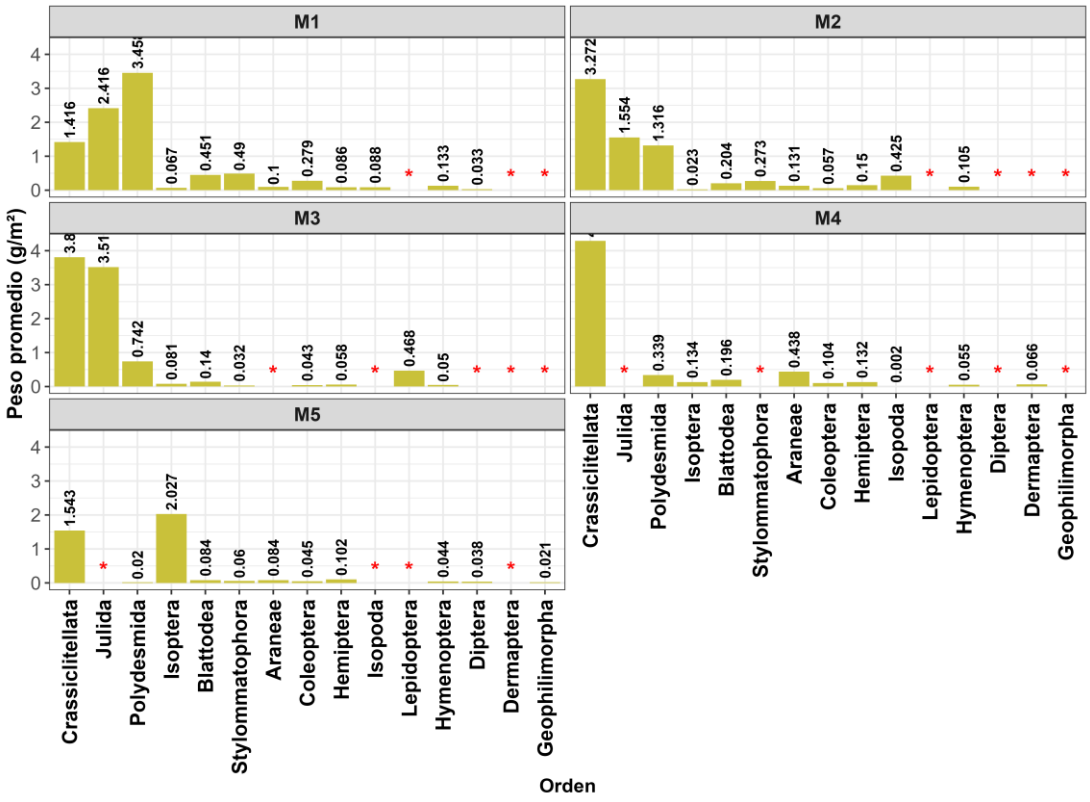


Figura 16. Biomasa promedio (g/m^2) de macroinvertebrados en la cobertura de monocultivo.

Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación. Los valores sobre las barras representan la biomasa promedio (g/m^2). El símbolo (*) indica ausencia de registros del orden taxonómico correspondiente durante el mes evaluado.

Los resultados obtenidos evidenciaron que la biomasa de macroinvertebrados no presentó diferencias estadísticamente significativas entre bosque secundario, pastizal y monocultivo. En consecuencia, los resultados no respaldan la hipótesis planteada para la variable biomasa de macroinvertebrados.

A pesar de que la prueba estadística indicó que no existieron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas, los análisis descriptivos evidenciaron patrones temporales distintos en la biomasa de macroinvertebrados. En bosque secundario y pastizal se observó una tendencia de incremento hacia las etapas finales del monitoreo, mientras que en monocultivo la biomasa mostró una disminución progresiva hacia los últimos meses de estudio. Estos resultados coinciden parcialmente con lo reportado por Castro et al. (2025), quienes registraron un incremento de la biomasa durante la regeneración natural de áreas degradadas en la Amazonía de Colombia. Asimismo, de Medeiros-Sarmento, Valle-Ferreira y Gastauer (2025) señalaron que la recuperación de la macrofauna se relaciona con el restablecimiento de la vegetación y el aumento de la complejidad estructural del ecosistema. En el presente estudio, el incremento observado en bosque secundario y pastizal podría estar asociado con procesos de recuperación de la cobertura vegetal posteriores al incendio; sin embargo, esta interpretación es sugerente debido a que no se evaluaron variables relacionadas con la regeneración vegetal ni con las condiciones microclimáticas del suelo.

La importante contribución de Crassiclitellata a la biomasa total observada en las tres coberturas concuerda con estudios que han reportado la persistencia de este grupo después de disturbios por fuego. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ramirez-Caballero (2022), quien identificó a los oligoquetos entre los grupos dominantes antes y después de las quemas, así como con Torres-Coronel (2025), quien registró la presencia recurrente de Crassiclitellata en áreas afectadas por incendios forestales. Asimismo, Reátegui-López (2013) señaló que algunas especies de macroinvertebrados presentan una mayor resistencia en capas profundas después de eventos de quema, lo que favorecería su supervivencia y posterior recolonización de los estratos superficiales.

Por otro lado, la composición de los grupos que aportaron mayor biomasa en el presente estudio difiere parcialmente de la reportada en ecosistemas no afectados por incendios. Sanchez-Diaz (2018) registró en bosque secundario una biomasa promedio de 5,68 g/m^2, dominada principalmente por

Hymenoptera; en pastizal reportó 20,26 g/m^2, con predominio de Isoptera, Hemiptera y Crassiclitellata; mientras que en monocultivo obtuvo 7,94 g/m^2, donde Orthoptera fue el principal contribuyente, seguido de Polydesmida y Julida. De manera similar Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) registraron una biomasa de 28,86 g/m^2 en bosque de terraza alta, donde los principales contribuyentes fueron Coleoptera y Lepidoptera, seguidos por Crassiclitellata. En contraste, en el presente estudio la biomasa estuvo dominada principalmente por Crassiclitellata, Julida y Polydesmida durante gran parte del periodo de evaluación. Estas diferencias podrían sugerir que el incendio modificó temporalmente la estructura de la comunidad edáfica, favoreciendo grupos con mayor capacidad de persistencia o recolonización después del disturbio. No obstante, las diferencias observadas también podrían estar influenciadas por las particularidades metodológicas y ambientales de cada estudio.

4.2. Diversidad de macroinvertebrados

La prueba de Kruskal-Wallis evidenció diferencias significativas en la diversidad de Shannon entre las coberturas únicamente durante el primer mes posterior al incendio ($\chi^2 = 6,72$; $p = 0,03$). La prueba post hoc de Dunn, con ajuste de Holm, mostró diferencias significativas entre bosque secundario y monocultivo (pHolm-aj. = 0,03), así como entre pastizal y monocultivo (pHolm-aj. = 0,03), siendo el monocultivo la cobertura que presentó los mayores valores de diversidad. En los meses restantes (M2–M5), no se detectaron diferencias significativas entre las coberturas ($p > 0,05$; ver Figura 33 del Anexo 3).

De manera descriptiva, la diversidad de Shannon mostró variaciones a lo largo del periodo de monitoreo. En el bosque secundario, los valores fluctuaron entre 0,88 y 1,47, observándose el mínimo en el primer mes y el máximo en el quinto mes. En general, esta cobertura evidenció una tendencia de incremento hacia las etapas finales de evaluación.

En el pastizal, los valores oscilaron entre 0,88 y 1,36. La diversidad aumentó progresivamente desde el inicio del estudio hasta alcanzar su mayor valor en el quinto mes, lo que sugiere una recuperación gradual de la comunidad de

macroinvertebrados. Por su parte, el monocultivo registró la mayor diversidad al inicio del monitoreo (H' = 1,67). Sin embargo, durante los meses siguientes los valores disminuyeron hasta alcanzar su punto más bajo en el cuarto mes (H' = 0,96), seguido de una recuperación parcial en el quinto mes (H' = 1,25). A diferencia de la cobertura de bosque secundario y del pastizal, esta cobertura mostró un comportamiento más variable durante el periodo de evaluación (Figura 17).

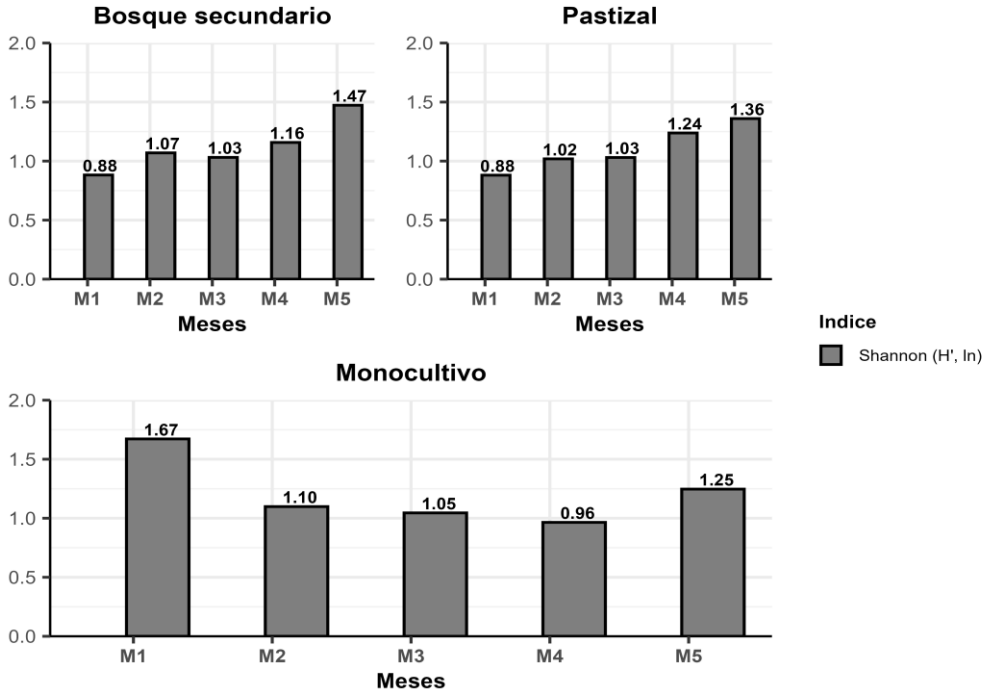


Figura 17. Diversidad de macroinvertebrados en tres tipos de cobertura de suelo.
Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación.

Los resultados mostraron que la diversidad de macroinvertebrados presentó diferencias significativas entre coberturas únicamente durante el primer mes posterior al incendio. En consecuencia, la hipótesis planteada no fue respaldada completamente, debido a que dichas diferencias no se mantuvieron durante los cinco meses de evaluación.

La tendencia de incremento de la diversidad observada en el bosque secundario y el pastizal hacia los meses finales del monitoreo evidencia una tendencia de recuperación progresiva de las comunidades de macroinvertebrados posterior al incendio. Este comportamiento coincide con

lo señalado por Huang et al. (2024); Reátegui-López (2013), quienes reportaron que, después de un disturbio por fuego, las comunidades edáficas experimentan procesos graduales de reorganización conforme mejoran las condiciones ambientales del suelo. Asimismo, los valores registrados durante los primeros meses de evaluación fueron similares a los reportados por Reátegui-López (2013) en áreas recientemente afectadas por quema (H' = 0,95), lo que evidencia que las comunidades edáficas aún se encontraban en una fase temprana de recuperación.

Al comparar los resultados con estudios desarrollados en sistemas no perturbados, se observa que los valores de diversidad alcanzados al final del monitoreo fueron cercanos a los reportados por Sanchez-Diaz (2018), quien registró índices de Shannon de 1,62 en pastizales, 1,51 en monocultivos y 1,48 en bosque secundario. Del mismo modo, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) reportaron una diversidad de 1,79 en bosques de terraza alta. Estos antecedentes sugieren que, si bien las comunidades evaluadas en el presente estudio mostraron señales de recuperación durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio, los niveles de diversidad aún fueron ligeramente inferiores a los observados en sistemas sin perturbación reciente, lo que indicaría que el proceso de restablecimiento de la comunidad edáfica todavía se encontraba en desarrollo al finalizar el periodo de evaluación.

4.3. Riqueza de macroinvertebrados

Con el fin de evaluar si la riqueza de macroinvertebrados presentó diferencias entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo), se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis de manera independiente para cada mes de evaluación. Los resultados indicaron que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas durante los cinco meses de monitoreo ($p > 0,05$) (Figura 34 del Anexo 3).

A nivel descriptivo, la riqueza promedio presentó variaciones temporales entre las coberturas evaluadas (Figura 18). En el bosque secundario, los valores oscilaron entre 4 y 6 taxones, en términos generales, esta cobertura mostró una tendencia creciente hacia los meses finales del monitoreo.

En el pastizal, la riqueza promedio aumentó progresivamente desde el primer mes (M1 = 4) hasta alcanzar el valor máximo en el quinto mes (M5 = 6). Por su parte, el monocultivo presentó la mayor riqueza promedio al inicio del monitoreo (M1 = 7). Sin embargo, durante los meses siguientes se observó una disminución hasta alcanzar su menor valor en el cuarto mes (M4 = 4), seguida de una recuperación parcial en el quinto mes (M5 = 5).

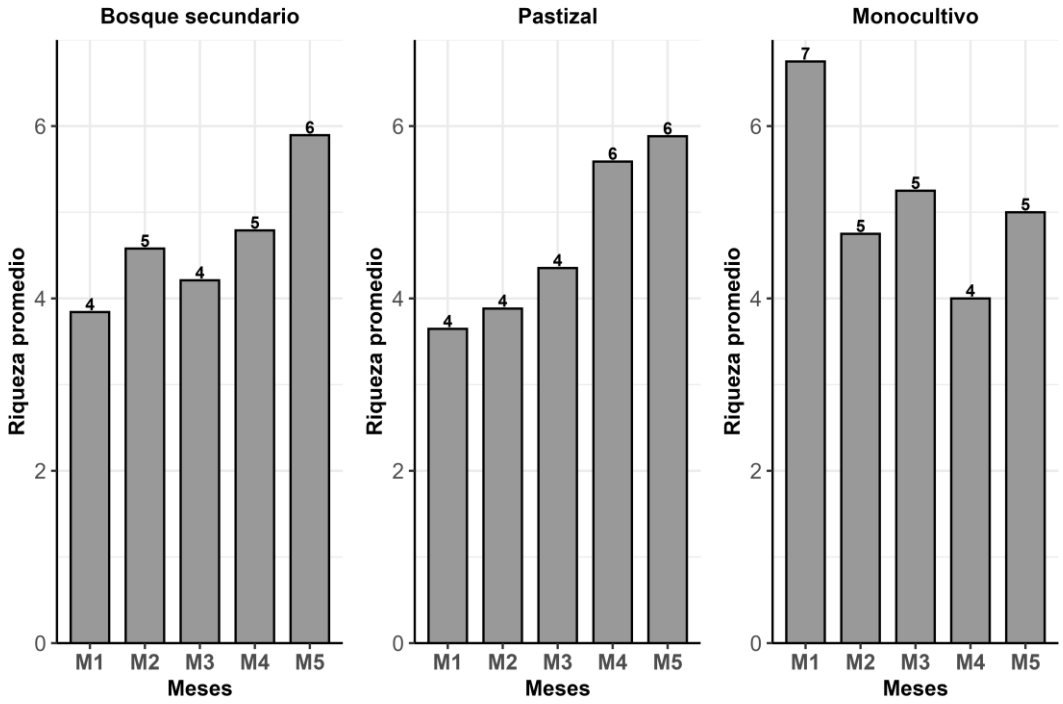


Figura 18. Riqueza de macroinvertebrados en tres tipos de cobertura de suelo.
Nota. M1 - M5 corresponden a los meses de evaluación.

La prueba de Kruskal-Wallis indicó que la riqueza de macroinvertebrados no presentó diferencias significativas entre bosque secundario, pastizal y monocultivo durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio ($p > 0,05$). Estos resultados permiten rechazar la hipótesis planteada de que la riqueza variaría significativamente entre coberturas después del disturbio.

A pesar de ello, el análisis descriptivo evidenció tendencias temporales diferenciadas en las tres coberturas. La tendencia observada en bosque secundario y pastizal coincide con lo señalado por Olliff (2021), quien indica que la riqueza de la fauna edáfica puede disminuir inmediatamente después del fuego debido al estrés térmico y a la alteración del hábitat, recuperándose

progresivamente conforme se estabilizan las condiciones del suelo. Del mismo modo, de Medeiros-Sarmento, Valle-Ferreira y Gastauer (2025) reportaron que el aumento de la complejidad estructural de la vegetación favorece el incremento de la riqueza de la macrofauna durante los procesos de regeneración natural.

La riqueza alcanzada en el bosque secundario hacia el inicio del monitoreo fue comparable con los resultados reportados por Reátegui-López (2013), quien registró 5 órdenes taxonómicos en ecosistemas forestales evaluados después de disturbios por quema. Según dicho autor, la disponibilidad de hojarasca y la menor intensidad de perturbación favorecen la permanencia y recolonización de diferentes grupos de macroinvertebrados.

Por otro lado, Ramirez-Caballero (2022) reportó una reducción de la riqueza posterior a la quema en sistemas agrícolas, atribuyéndola a la simplificación del hábitat y a las alteraciones físicas del suelo ocasionadas por las actividades de manejo. Esta situación podría ayudar a explicar el comportamiento observado en el monocultivo, donde la riqueza disminuyó durante los meses intermedios del monitoreo.

Al comparar los resultados con estudios realizados en sistemas sin perturbación reciente, se observa que los valores de riqueza obtenidos fueron inferiores a los reportados por Sanchez-Diaz (2018), quien registró 7 órdenes taxonómicos en bosque secundario, 10 en pastizal y 9 en monocultivo. De igual forma, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) reportaron 14 órdenes de macroinvertebrados en bosques de terraza alta. Estas diferencias sugieren que, aunque las comunidades evaluadas mostraron señales de recuperación durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio, la riqueza taxonómica aún no habría alcanzado los niveles característicos de ecosistemas sin perturbaciones recientes.

Finalmente, los resultados se interpretaron considerando que la identificación taxonómica se realizó a nivel de orden. Si bien esta resolución permite describir patrones generales de recuperación, es posible que diferencias ecológicas y funcionales entre especies pertenecientes a un mismo orden no hayan sido detectadas.

4.4. Características físicas de suelos según cobertura y mes

4.4.1. Densidad aparente

La prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en la densidad aparente entre las coberturas evaluadas durante ninguno de los cinco meses de evaluación ($p > 0,05$). Estos resultados indican que no se detectaron diferencias significativas en la densidad aparente entre el bosque secundario, el pastizal y el monocultivo a lo largo del periodo de evaluación (ver Figura 35 del Anexo 3).

De manera descriptiva, la densidad aparente presentó variaciones entre profundidades y meses de evaluación (Figura 19). En general, los mayores valores se observaron en la profundidad de 10 - 15 cm, mientras que la capa superficial de 0 - 5 cm tendió a presentar menores valores.

En el bosque secundario, la densidad aparente varió entre 1,09 y 1,32 g/cm^3 durante el periodo de evaluación. El mayor valor de la mediana se registró durante el primer mes (1,32 g/cm^3), mientras que el menor correspondió al tercer mes (1,09 g/cm^3).

En el pastizal, los valores de la mediana oscilaron entre 1,00 y 1,36 g/cm^3. El mayor valor se registró durante el primer mes (1,36 g/cm^3), mientras que el menor se presentó durante el segundo mes (1,00 g/cm^3).

Por su parte, el monocultivo presentó valores de mediana entre 1,05 y 1,27 g/cm^3, con el mayor valor durante el primer mes (1,27 g/cm^3) y el menor durante el quinto mes (1,05 g/cm^3).

En cuanto a la distribución vertical, el bosque secundario presentó una tendencia hacia mayores valores de densidad aparente en la profundidad de 10 - 15 cm, particularmente durante los primeros meses de evaluación. En el pastizal se observó un patrón similar, con mayores valores en la profundidad de 10 - 15 cm, principalmente durante M1 y M2. En el monocultivo, los valores más elevados también se concentraron generalmente en la profundidad de 10 - 15 cm, mientras que la capa de 0 - 5 cm presentó los menores valores hacia los últimos meses de evaluación.

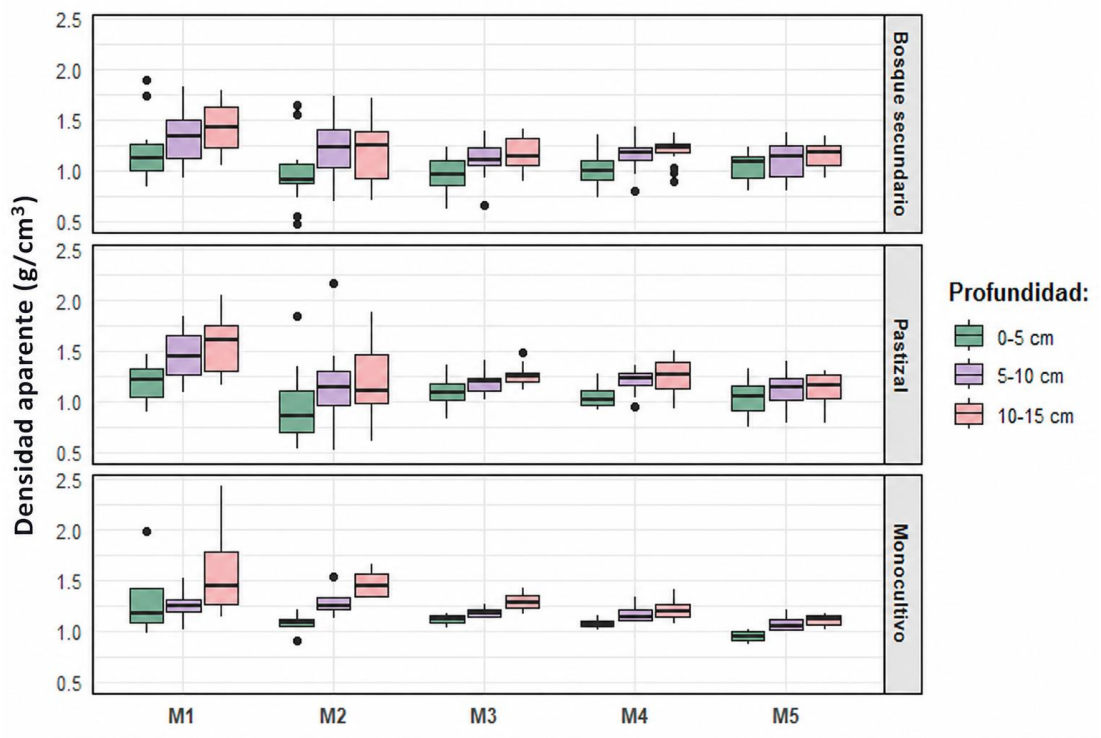


Figura 19. Densidad aparente del suelo (g/cm^3) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en la densidad aparente entre las coberturas durante las cinco evaluaciones posteriores al incendio permitió rechazar la hipótesis específica que proponía la existencia de variaciones en esta propiedad física según el tipo de cobertura del suelo. En consecuencia, los resultados sugieren que el efecto del incendio sobre la densidad aparente fue similar en bosque secundario, pastizal y monocultivo, evidenciando una respuesta homogénea de esta variable durante el periodo de evaluación.

Desde el punto de vista ecológico, las tres coberturas mostraron un patrón consistente de incremento de la densidad aparente con la profundidad. Este comportamiento podría estar asociado a la mayor acumulación de materia orgánica, raíces finas y actividad biológica en los horizontes superficiales, factores que favorecen una mayor porosidad y reducen la compactación del suelo (Huang et al. 2024). Por otra parte, la dinámica temporal fluctuante de los primeros meses encuentra sustento en las teorías de transferencia de calor edáfico expuestas por Afif y Oliveira-Prendes (2006). Estos autores postulan que las mayores alteraciones físicas inducidas por el estrés térmico del fuego se concentran de forma directa en los primeros 5 cm del perfil

edáfico, mientras que los estratos subsuperficiales experimentan efectos atenuados.

Los valores registrados en el presente estudio fueron similares a los reportados por Ramirez-Caballero (2022), quien encontró densidades aparentes entre 1,10 y 1,51 g/cm^3 en suelos evaluados antes y después de la quema. Del mismo modo, Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016) registraron densidades de 1,24 g/cm^3 en capas superficiales y valores cercanos a 1,47 g/cm^3 en estratos más profundos, evidenciando también un incremento de la densidad con la profundidad. Estos antecedentes coinciden con el patrón vertical observado en las tres coberturas evaluadas.

Al comparar los resultados con ecosistemas sin perturbación reciente, Sanchez-Diaz (2018) reportó densidades aparentes promedio de 1,46 g/cm^3 en bosque secundario, 1,47 g/cm^3 en monocultivo y 1,26 g/cm^3 en pastizal. Los valores obtenidos en el presente estudio se ubicaron dentro de rangos similares, especialmente hacia los últimos meses de monitoreo, lo que podría indicar una recuperación progresiva de las condiciones físicas del suelo después del incendio. Sin embargo, debido a que no se evaluaron variables relacionadas con la porosidad, estabilidad de agregados o contenido de humedad, no es posible determinar con precisión los mecanismos responsables de esta recuperación.

4.4.2. Textura

La prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en los porcentajes de arena, limo y arcilla entre las coberturas evaluadas durante ninguno de los cinco meses de evaluación ($p > 0,05$), lo que indica que no se detectaron diferencias significativas en la composición textural del suelo entre el bosque secundario, el pastizal y el monocultivo durante el periodo de evaluación (ver Figuras 36, 37 y 38 del Anexo 3).

De manera descriptiva, la fracción textural predominante fue la arena en las tres coberturas durante los cinco meses de evaluación, seguida del limo y, en menor proporción, de la arcilla (Figura 20). Los porcentajes de arena

presentaron, en general, valores superiores al 50 %, mientras que las fracciones de limo y arcilla mostraron proporciones menores.

En el bosque secundario, el porcentaje de arena presentó medianas que oscilaron entre 57,33 y 64,87 %, con el menor valor durante el tercer mes (57,33 %) y el mayor durante el cuarto mes (64,87 %). Para el limo, las medianas variaron entre 17,83 y 23,97 %, mientras que la arcilla presentó valores entre 16,17 y 19,53 %.

En el pastizal, las medianas de arena oscilaron entre 59,33 y 66,20 %, con el menor valor durante el tercer mes (59,33 %) y el mayor durante el segundo mes (66,20 %). El porcentaje de limo presentó valores entre 15,83 y 22,93 %, mientras que la arcilla osciló entre 14,83 y 18,40 %.

Por su parte, el monocultivo presentó una mayor amplitud en la variación de las fracciones de arena y arcilla. La arena presentó medianas entre 53,60 y 65,90 %, con el menor valor durante el cuarto mes (53,60 %) y el mayor durante el primer mes (65,90 %). El limo mostró una variación más reducida, con valores entre 20,00 y 22,60 %, mientras que la arcilla presentó medianas entre 11,17 y 20,77 %.

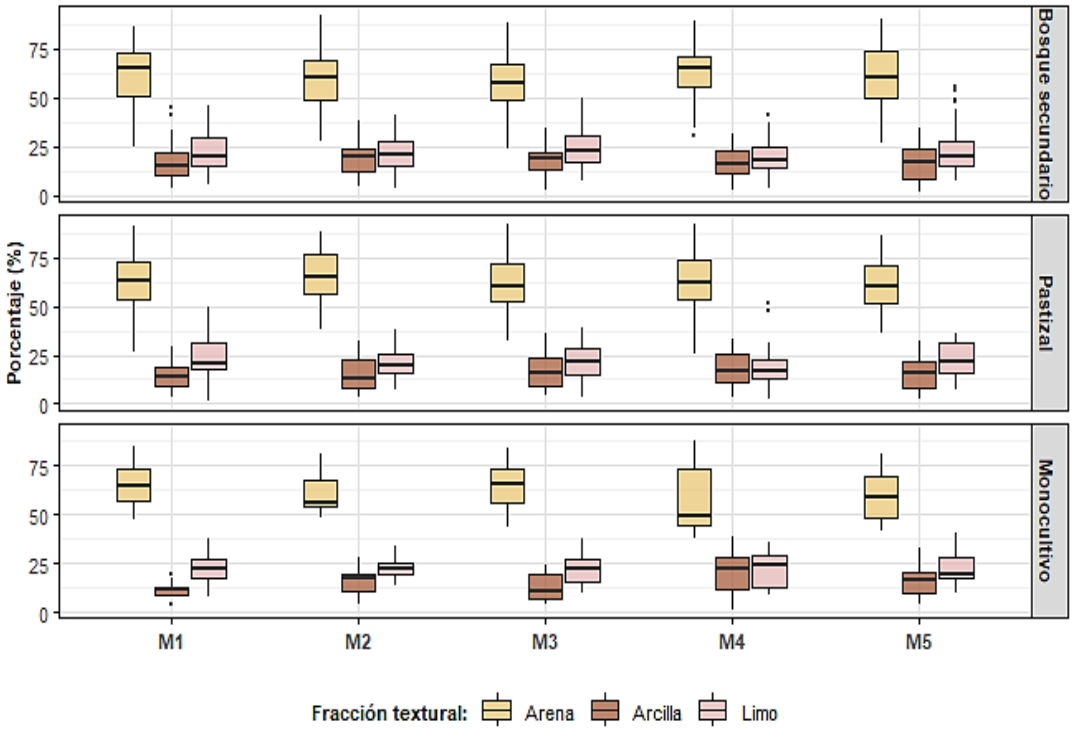


Figura 20. Textura del suelo por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en los porcentajes de arena, limo y arcilla entre las coberturas evaluadas a lo largo del periodo de seguimiento posterior al incendio no proporcionó evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alterna de que la textura del suelo varía en función del tipo de cobertura. Este resultado indica que no se detectaron diferencias en la composición granulométrica del suelo entre las coberturas durante el periodo de evaluación, manteniéndose una distribución relativamente similar de las fracciones minerales de arena, limo y arcilla en bosque secundario, pastizal y monocultivo.

La estabilidad observada en la textura del suelo puede atribuirse a que esta constituye una propiedad física inherente, determinada principalmente por el material parental y los procesos de formación del suelo, por lo que generalmente presenta una baja variación en periodos cortos de tiempo. En este sentido, el predominio de la fracción arena registrado en las tres coberturas sugiere condiciones de alta permeabilidad y drenaje, características frecuentes de los suelos amazónicos (Afif y Oliveira-Prendes 2006).

Los resultados obtenidos son comparables con los reportados por Diaz-Meza (2020), quien registró en bosques secundarios porcentajes de arena entre 60 % y 62 %, limo entre 7 % y 9 % y arcilla entre 27 % y 30 %. De manera similar, Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016) encontraron contenidos de arena entre 50 % y 67 %, limo entre 20 % y 38 % y arcilla entre 1 % y 12 % en suelos bajo bosque secundario. Por su parte, Afif y Oliveira-Prendes (2006) reportaron en pastizales porcentajes de arena entre 75 % y 80 %, acompañados de menores proporciones de limo y arcilla. En conjunto, estos antecedentes evidencian el predominio de texturas francas a franco-arenosas en ecosistemas sometidos a distintos grados de perturbación.

Al comparar los resultados con estudios realizados en áreas sin perturbación reciente, se observa una tendencia similar. Sanchez-Diaz (2018) registró en bosque secundario 78,5 % de arena, 11 % de limo y 10,5 % de arcilla; en monocultivo 76 %, 13,5 % y 10,5 %, respectivamente; y en pastizal 73 %, 12 % y 14,5 %. Estos valores muestran el mismo predominio de la fracción

arenosa observado en el presente estudio, lo que refuerza la idea de que la textura del suelo se mantuvo relativamente estable a pesar de la ocurrencia del incendio. Sin embargo, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) reportaron en bosques de terraza alta una distribución más equilibrada entre arena (34 %), limo (35 %) y arcilla (31 %), diferencias que probablemente responden a las características propias del material parental y a los procesos de formación de cada tipo de suelo más que al efecto del disturbio por fuego.

4.5. Características químicas de suelos post incendios

4.5.1. pH

La prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH entre las coberturas evaluadas durante ninguno de los cinco meses de evaluación ($p > 0,05$), por lo que no se detectaron diferencias significativas entre el bosque secundario, el pastizal y el monocultivo durante el periodo de estudio (ver Figura 39 del Anexo 3).

De manera descriptiva, las medianas de pH oscilaron entre 4,70 y 5,55. Las mayores medianas se observaron en el pastizal durante los primeros meses de evaluación, mientras que a partir del tercer mes los valores medianos más altos correspondieron al monocultivo.

En el bosque secundario, las medianas de pH variaron entre 4,70 y 5,23, mientras que en el pastizal oscilaron entre 5,07 y 5,33. Por su parte, el monocultivo presentó valores entre 5,03 y 5,55, registrando la mayor amplitud y los valores más elevados hacia el final del periodo de evaluación.

Respecto a la distribución vertical, se observaron diferencias en los valores de pH entre las profundidades de 0 - 5, 5 - 10 y 10 - 15 cm (Figura 21). De manera general, la capa superficial (0 - 5 cm) presentó valores de pH relativamente mayores que los estratos subsuperficiales, mientras que las profundidades de 5 - 10 y 10 - 15 cm mostraron valores más bajos y relativamente similares entre sí. Este patrón se presentó en las tres coberturas, aunque con variaciones en su magnitud durante los meses de evaluación.

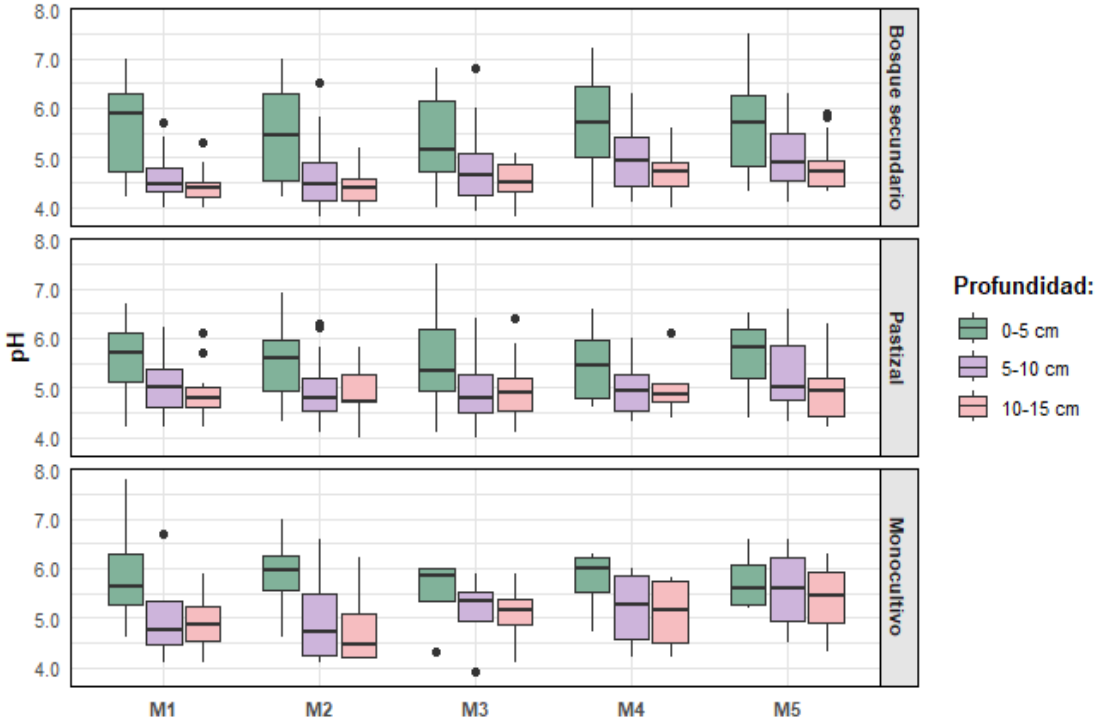


Figura 21. Potencial de Hidrógeno (pH) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en los valores de pH entre las coberturas, profundidades y meses evaluados permite rechazar la hipótesis de que esta propiedad química presenta variaciones atribuibles al tipo de cobertura. Este resultado indica que, a pesar de las fluctuaciones observadas de manera descriptiva, el proceso de recuperación del suelo ocurrió bajo condiciones de acidez relativamente similares en las tres coberturas.

Los valores registrados durante el estudio correspondieron a suelos de reacción ácida, condición característica de gran parte de los suelos amazónicos. Aunque el monocultivo presentó valores de pH ligeramente superiores durante algunos meses del monitoreo, las diferencias no fueron suficientes para evidenciar respuestas contrastantes entre coberturas.

Los resultados obtenidos son comparables con los reportados por Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016), quienes registraron valores de pH ligeramente ácidos en suelos de bosque secundario, observando una disminución gradual con la profundidad. Asimismo, Afif y Oliveira-Prendes (2006) señalaron que los incendios pueden generar incrementos temporales del pH debido a la

incorporación de cenizas ricas en cationes básicos, efecto que tiende a disminuir progresivamente por procesos de lixiviación. De igual manera, Diaz-Meza (2020) reportó valores promedio de pH de 6,39, en áreas afectadas por disturbios, evidenciando que las variaciones pueden depender de las características propias de cada ecosistema y de la intensidad del fuego.

Al comparar estos resultados con estudios realizados en áreas sin perturbación reciente, se observa que los valores de pH registrados se encuentran dentro del rango reportado para ecosistemas amazónicos. Sanchez-Diaz (2018) registró valores de pH de 4,34 en bosque secundario, 4,63 en monocultivo y 5,24 en pastizal, mientras que Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) reportaron un pH de 3,69 en bosques de terraza alta. Estas similitudes sugieren que, pese a la ocurrencia del incendio, los suelos evaluados conservaron condiciones de acidez comparables a las observadas en ecosistemas amazónicos no perturbados.

4.5.2. Materia orgánica

La prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre las coberturas durante el periodo de evaluación ($p > 0,05$), lo que indica que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas en esta propiedad entre bosque secundario, pastizal y monocultivo a lo largo del periodo de seguimiento posterior al incendio (ver Figura 40 del Anexo 3).

De manera descriptiva, el contenido de materia orgánica presentó variaciones temporales en las coberturas evaluadas. El monocultivo registró los valores más altos durante gran parte del periodo de monitoreo, alcanzando aproximadamente 5,47 % en el cuarto mes. En el bosque secundario, los valores se incrementaron hasta el tercer mes, donde alcanzaron alrededor de 4,48 %, para luego disminuir hacia los meses finales. Por su parte, el pastizal mostró valores intermedios, con una tendencia de incremento durante los últimos meses de evaluación (Figura 22).

Respecto a la profundidad del suelo, la mayor concentración de materia orgánica se registró de manera consistente en la capa superficial (0 - 5 cm),

donde los valores oscilaron aproximadamente entre 6 % y 2,5 %. En contraste, las profundidades de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm presentaron contenidos relativamente menores y una menor variabilidad temporal.

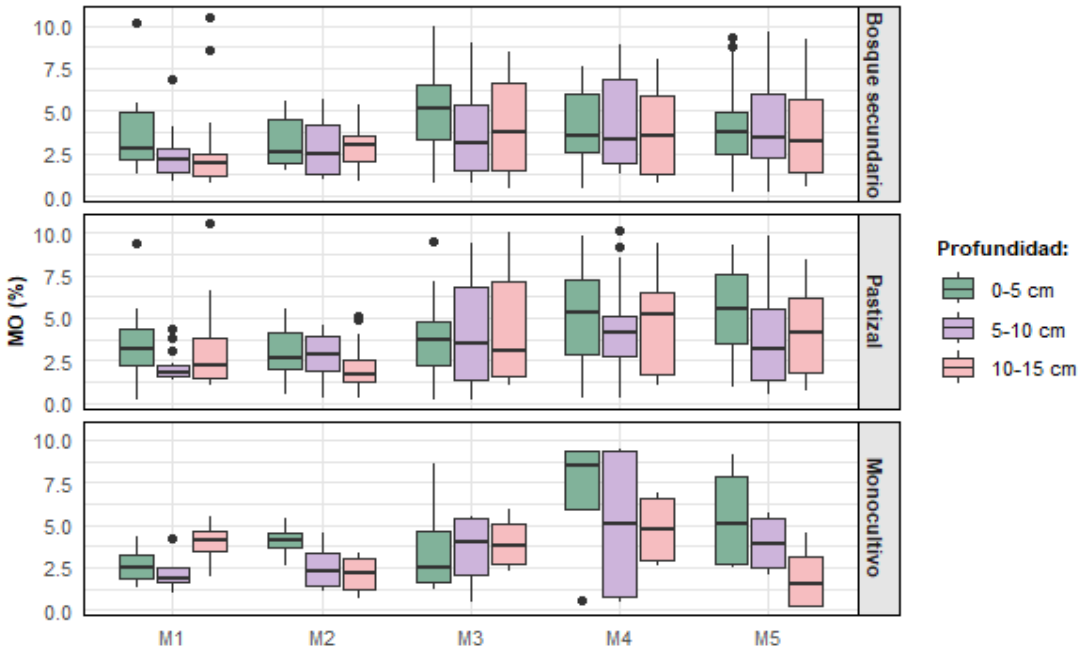


Figura 22. Materia orgánica (MO %) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en el contenido de materia orgánica entre las coberturas permitió rechazar la hipótesis planteada para esta variable. Estos resultados indican que el bosque secundario, el pastizal y el monocultivo presentaron niveles similares de materia orgánica durante el periodo de monitoreo, sugiriendo que los procesos de incorporación, transformación y pérdida de residuos orgánicos ocurrieron de manera comparable entre las tres coberturas.

La mayor concentración de materia orgánica en los estratos superficiales se relaciona con la acumulación de hojarasca y residuos vegetales en los primeros centímetros del suelo. De acuerdo con Afif y Oliveira-Prendes (2006), los incendios pueden generar incrementos temporales de compuestos orgánicos que posteriormente disminuyen por procesos de mineralización y lixiviación. No obstante, la ausencia de diferencias significativas entre coberturas indica una respuesta similar de esta propiedad edáfica durante el periodo de evaluación.

Los resultados obtenidos coinciden con el patrón descrito por Torres-Coronel (2025), quien observó una disminución del contenido de materia orgánica conforme aumentaba la profundidad del suelo en plantaciones de Pinus patula afectadas por incendios forestales. Aunque dicho estudio fue desarrollado en un ecosistema andino diferente al amazónico, la tendencia de reducción de la materia orgánica con la profundidad fue similar a la observada en el presente estudio. De igual manera, Diaz-Meza (2020) registró valores de 3,85 % a 15 cm y 4,3 % a 30 cm en bosques secundarios, mientras que (Aliaga-Quispe y Garzón-Flores 2016) reportaron contenidos de 2,09 % a 5 cm y 1,10 % a 30 cm de profundidad. Asimismo, Ramirez-Caballero (2022) encontró un contenido de 1,34 % de materia orgánica en bosques de purma sometidos a quema.

Al comparar estos resultados con estudios realizados en áreas sin perturbación reciente, Sanchez-Diaz (2018) reportó contenidos de materia orgánica de 1,01 % en bosque secundario, 1,61 % en pastizal y 0,64 % en monocultivo, mientras que Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) registraron 1,93 % en bosques de terraza alta. En conjunto, estas comparaciones sugieren que los contenidos de materia orgánica observados en el presente estudio se encuentran dentro de los rangos reportados para ecosistemas amazónicos, independientemente de que hayan estado o no expuestos recientemente al fuego.

4.5.3. Nitrógeno

La prueba de Kruskal-Wallis no evidenció diferencias significativas en el contenido de nitrógeno entre las coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento posterior al incendio ($p > 0,05$), indicando que el comportamiento de este nutriente fue similar en bosque secundario, pastizal y monocultivo (Ver Figura 41 del Anexo 3).

De manera descriptiva, el monocultivo registró los valores más altos de nitrógeno durante gran parte del periodo de evaluación, con concentraciones que oscilaron entre 0,17 % y 0,28 %, alcanzando sus valores máximos hacia el cuarto mes. El pastizal presentó valores intermedios, mostrando un incremento gradual desde aproximadamente 0,16 % en los primeros meses

hasta estabilizarse alrededor de 0,24 % durante los meses finales. Por su parte, el bosque secundario registró los valores más bajos al inicio del monitoreo, aunque también evidenció un aumento progresivo hasta alcanzar concentraciones cercanas a 0,25 % en el último mes.

Respecto a la distribución vertical, la capa superficial (0 - 5 cm) presentó consistentemente las mayores concentraciones de nitrógeno en las tres coberturas evaluadas. En contraste, las capas de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm mostraron contenidos menores y relativamente homogéneos a lo largo del periodo de evaluación (Figura 23).

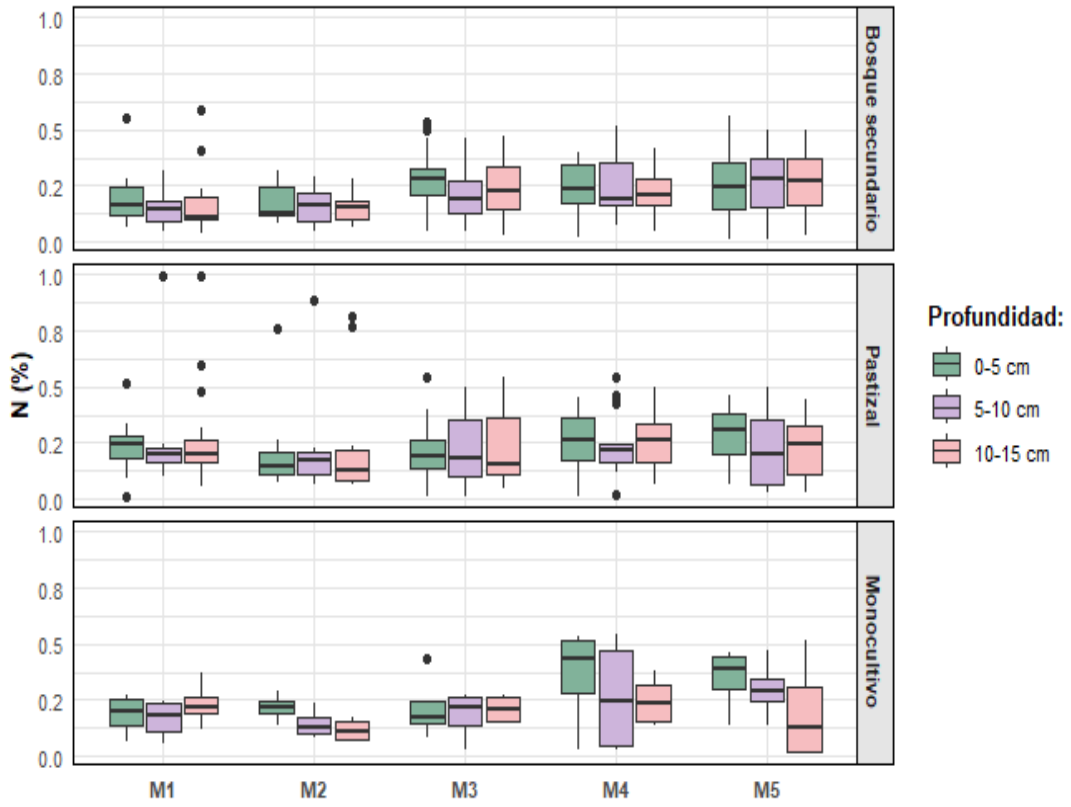


Figura 23. Nitrógeno total (N %) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en el contenido de nitrógeno entre las coberturas permitió rechazar la hipótesis planteada para esta variable. Estos resultados sugieren que los procesos de incorporación, transformación y disponibilidad de nitrógeno ocurrieron de manera similar en bosque secundario, pastizal y monocultivo el periodo de seguimiento posterior al incendio.

Desde una perspectiva ecológica, las mayores concentraciones de nitrógeno observadas en la capa superficial pueden atribuirse a la acumulación de residuos vegetales, hojarasca y materia orgánica en los primeros centímetros del suelo, donde además se concentra gran parte de la actividad biológica responsable de la mineralización de nutrientes. Asimismo, el incremento gradual observado hacia los meses finales podría estar asociado a la incorporación progresiva de residuos orgánicos y a la recuperación de los procesos biogeoquímicos posteriores al disturbio. Ramirez-Caballero (2022) señala que la disponibilidad de nitrógeno puede variar en función de factores ambientales como la temperatura y la humedad del suelo, condiciones que no fueron evaluadas en el presente estudio.

Los valores obtenidos son comparables con los reportados por Diaz-Meza (2020), quien registró contenidos de nitrógeno de 0,17 % a 15 cm y 0,19 % a 30 cm de profundidad en bosques secundarios afectados por incendios. De manera similar, Afif y Oliveira-Prendes (2006) encontraron valores de 0,16 % a 5 cm y 0,18 % a 10 cm de profundidad, aunque observaron una disminución hasta 0,06 % tres meses después del incendio debido a pérdidas progresivas del nutriente. Asimismo, Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016) reportaron mayores concentraciones en la superficie del suelo (0,55 % entre 0 a 5 cm), las cuales disminuyeron conforme aumentó la profundidad, patrón que coincide con la distribución vertical observada en el presente estudio.

4.5.4. Fósforo

La prueba de Kruskal-Wallis indicó que no existieron diferencias significativas en el contenido de fósforo disponible entre las coberturas evaluadas durante la mayor parte del periodo de monitoreo ($p > 0,05$). Asimismo, las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn no evidenciaron diferencias significativas entre pares de coberturas. Por tanto, el contenido de fósforo disponible no presentó diferencias estadísticamente significativas entre el bosque secundario, pastizal y monocultivo durante el periodo de evaluación (ver Figura 42 del Anexo 3).

De manera descriptiva, el contenido de fósforo disponible presentó variaciones entre las coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento

posterior al incendio. El monocultivo registró las concentraciones más altas durante los primeros meses del monitoreo, alcanzando medianas superficiales de 18,85 mg/kg en M1 y 17,70 mg/kg en M2. Posteriormente, los valores disminuyeron durante los meses M3 y M4, para presentar una recuperación parcial en M5 (Figura 24).

El bosque secundario mostró valores intermedios de fósforo, con medianas superficiales que oscilaron entre 15,57 y 8,67 mg/kg, evidenciando una disminución gradual hacia los meses finales del periodo de evaluación. Por su parte, el pastizal registró las menores concentraciones de fósforo, con medianas superficiales entre 11,57 y 8,38 mg/kg y una tendencia decreciente a lo largo del monitoreo.

Respecto a la distribución vertical, las mayores concentraciones de fósforo se registraron de manera consistente en la capa superficial (0 - 5 cm), mientras que los estratos de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm presentaron valores considerablemente menores en las tres coberturas evaluadas. En general, las concentraciones disminuyeron progresivamente con la profundidad, manteniéndose la mayor disponibilidad del nutriente en los primeros centímetros del suelo durante todo el periodo de estudio (Figura 24).

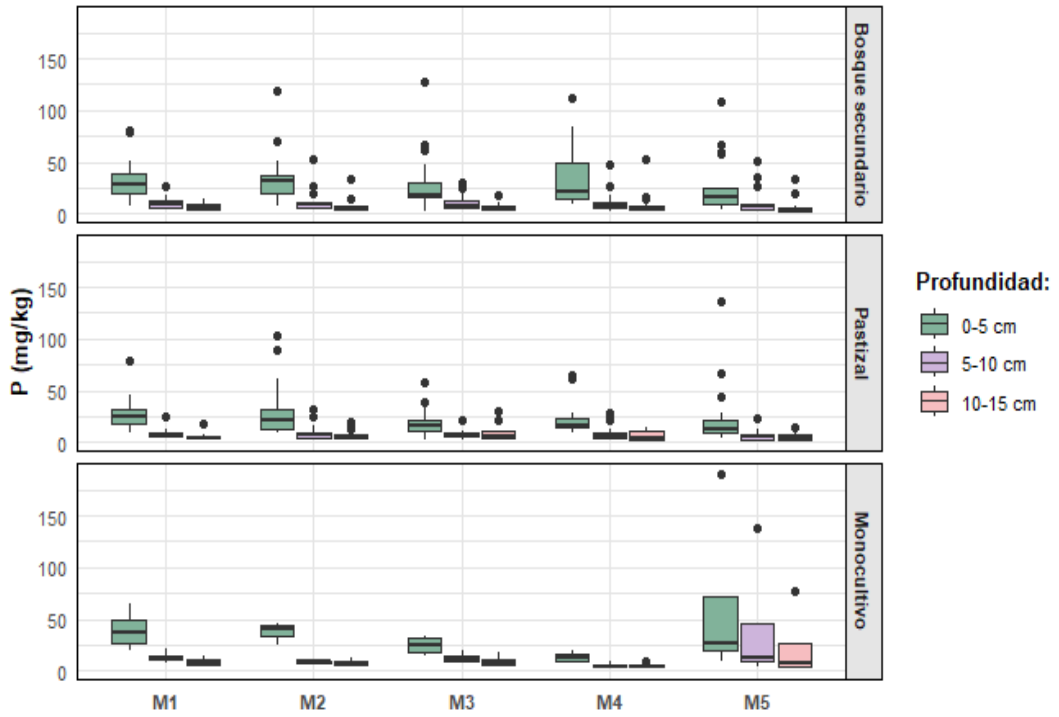


Figura 24. Fósforo (P) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en el contenido de fósforo disponible entre las coberturas evaluadas indica que este nutriente presentó una respuesta similar en bosque secundario, pastizal y monocultivo durante el periodo de seguimiento posterior al incendio. Por ello, no se encontró evidencia suficiente para aceptar la hipótesis.

Las mayores concentraciones de fósforo registradas en la capa superficial del suelo podrían estar asociadas al aporte de cenizas y a la mineralización de residuos vegetales generados por el incendio. Asimismo, la disminución en las capas subsuperficiales, observada a lo largo del monitoreo podría estar asociada con procesos de absorción por la vegetación en recuperación y pérdidas por lixiviación, fenómenos que contribuyen a reducir progresivamente la disponibilidad del fósforo en el suelo.

Los resultados obtenidos son comparables con los reportados por Ramirez-Caballero (2022), quien registró concentraciones de 12,66 mg/kg en suelos de bosque secundario afectados por quema. De manera similar, Afif y Oliveira-Prendes (2006) encontraron valores de 21,3 mg/kg durante el primer mes posterior al incendio, los cuales disminuyeron hasta 7,5 mg/kg tres meses después, evidenciando una reducción progresiva de este nutriente conforme avanza la recuperación del ecosistema.

Respecto a la distribución vertical, el predominio de fósforo en la capa superficial coincide con lo reportado por Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016), quienes registraron concentraciones de 20,78 mg/kg a 5 cm de profundidad y 14,16 mg/kg a 30 cm en bosques secundarios. Asimismo, Diaz-Meza (2020) encontró concentraciones de 8,68 mg/kg a 15 cm y 9,47 mg/kg a 30 cm de profundidad, corroborando que la disponibilidad de este nutriente tiende a concentrarse principalmente en los horizontes más superficiales del suelo.

Al comparar los resultados con ecosistemas sin perturbación reciente, se observa que los valores registrados durante el presente estudio fueron superiores a los reportados por Sanchez-Diaz (2018), quien encontró concentraciones de 3,72 mg/kg en bosque secundario, 3,30 mg/kg en monocultivo y 2,58 mg/kg en pastizal. Del mismo modo, Huaylla-Ttito y Ponce

de Leon-Chucutya (2024) registraron 9,8 mg/kg en bosques de terraza alta. Estas diferencias podrían estar asociadas al aporte temporal de fósforo generado por la combustión de la biomasa durante el incendio, proceso que incrementa transitoriamente la disponibilidad de este nutriente en las capas superficiales del suelo.

4.5.5. Calcio, magnesio y potasio intercambiable

La prueba de Kruskal-Wallis evidenció que las concentraciones de calcio y magnesio intercambiables no presentaron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento posterior al incendio (ver figuras 43 y 44 del Anexo 3). En consecuencia, no se encontró evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de que el tipo de cobertura influye significativamente sobre la dinámica de estos nutrientes durante el periodo de recuperación evaluado. Por el contrario, el potasio intercambiable presentó diferencias significativas durante el primer mes posterior al incendio (ver Figura 45 del Anexo 3), donde la prueba de Dunn mostró diferencias entre bosque secundario y monocultivo ($p = 0,04$), así como entre pastizal y monocultivo ($p = 0,03$). Estos resultados indican que el monocultivo presentó una disponibilidad inicial de potasio distinta a las demás coberturas inmediatamente después del disturbio, aunque dichas diferencias desaparecieron en los meses posteriores.

Calcio intercambiable (Ca^{2+})

El calcio intercambiable (Ca^{2+}) no presentó diferencias significativas entre las coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento posterior al incendio (ver Figura 43 del Anexo 3). De manera descriptiva, la cobertura de monocultivo registró los valores más altos durante todo el periodo de evaluación, variando de 2,47 cmol(+)/kg en el primer mes a 4,45 cmol(+)/kg en el quinto mes. Por su parte, el bosque secundario presentó valores intermedios, con una disminución de 2,27 cmol(+)/kg en el primer mes a 1,62 cmol(+)/kg al finalizar el monitoreo. El pastizal registró los valores más bajos, pasando de 1,89 cmol(+)/kg a 1,60 cmol(+)/kg entre el primer y el quinto mes (Figura 25).

Respecto a la distribución vertical, las mayores concentraciones de calcio intercambiable se registraron en la capa superficial del suelo (0 - 5 cm), mientras que los estratos de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm presentaron valores relativamente menores durante todo el periodo de evaluación (Figura 25).

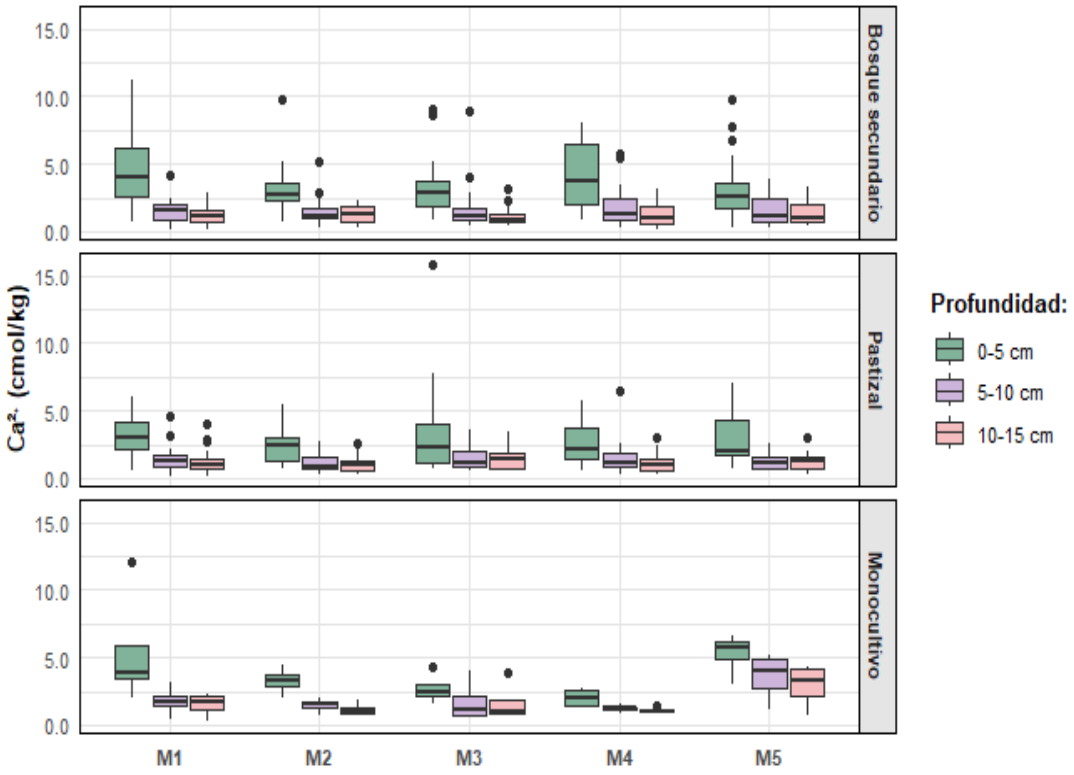


Figura 25. Calcio intercambiable (Ca^{2+}) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

Magnesio intercambiable (Mg^{2+})

En cuanto al magnesio intercambiable (Mg^{2+}), se observaron variaciones en las concentraciones entre las coberturas durante el periodo de evaluación. De manera descriptiva, el monocultivo presentó las mayores concentraciones, con valores que alcanzaron 1,07 cmol(+)/kg durante los primeros meses y disminuyeron hasta 0,76 cmol(+)/kg en el quinto mes. En el bosque secundario, las concentraciones variaron de 0,82 a 0,53 cmol(+)/kg, mientras que en el pastizal oscilaron entre 0,77 y 0,53 cmol(+)/kg, evidenciándose una tendencia general de disminución hacia el final del periodo de evaluación. Sin embargo, estas variaciones no fueron estadísticamente significativas entre las

coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento posterior al incendio (ver Figura 44 del Anexo 3).

Respecto a la distribución vertical, las mayores concentraciones de magnesio intercambiable se observaron en la capa superficial (0 - 5 cm), mientras que los estratos de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm presentaron concentraciones menores. Este patrón se mantuvo, en términos generales, durante el periodo de monitoreo (Figura 26).

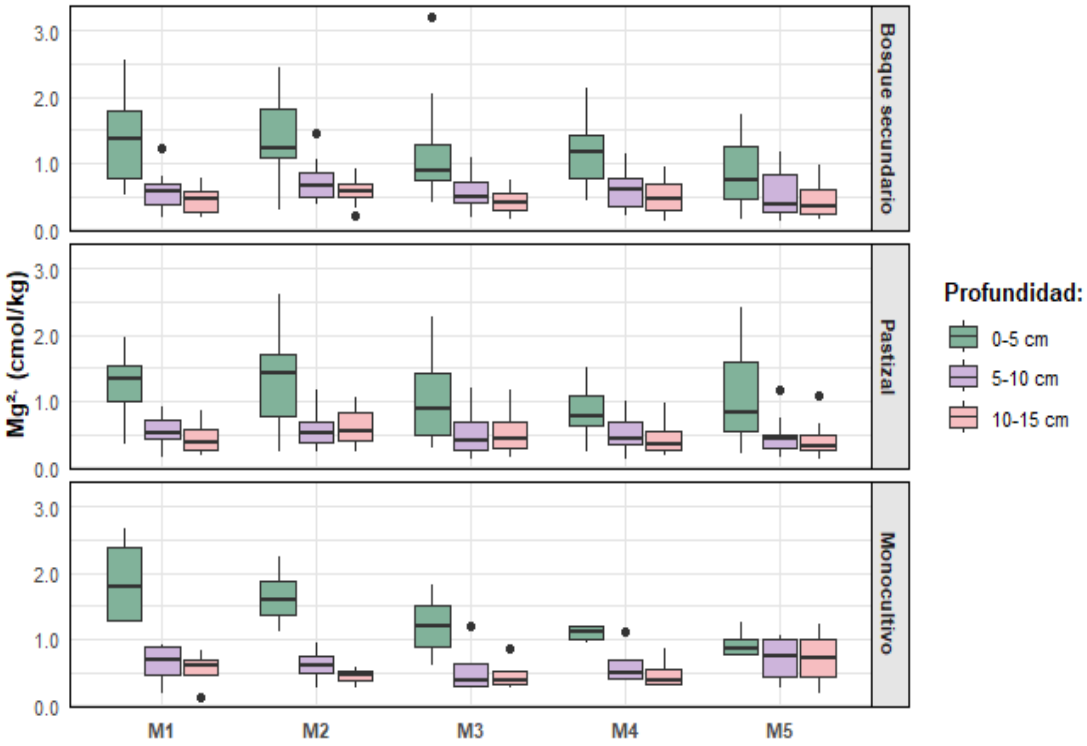


Figura 26. Magnesio intercambiable (Mg^{2+}) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

Potasio intercambiable (K^+)

El potasio intercambiable (K^+) presentó diferencias significativas entre las coberturas únicamente durante el primer mes posterior al incendio (ver Figura 45 del Anexo 3). La prueba de Dunn evidenció diferencias significativas entre el bosque secundario y el monocultivo ($p = 0,04$), así como entre el pastizal y el monocultivo ($p = 0,03$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre el bosque secundario y el pastizal. En los meses posteriores, no se detectaron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas.

De manera descriptiva, el potasio intercambiable mostró una tendencia decreciente a lo largo del periodo de monitoreo en las tres coberturas. El monocultivo registró la mayor concentración durante el primer mes, con una mediana de 0,67 cmol(+)/kg, disminuyendo progresivamente hasta 0,22 cmol(+)/kg en el quinto mes. Por su parte, el bosque secundario y el pastizal presentaron valores iniciales de 0,35 cmol(+)/kg en ambos casos, los cuales disminuyeron hacia el final del estudio hasta 0,18 cmol(+)/kg y 0,22 cmol(+)/kg, respectivamente.

Respecto a la distribución vertical, durante los primeros meses las mayores concentraciones de potasio intercambiable se registraron en la capa superficial del suelo (0 - 5 cm), mientras que los estratos de 5 - 10 cm y 10 - 15 cm presentaron valores inferiores. Hacia los meses finales, las concentraciones tendieron a homogeneizarse entre las profundidades, observándose únicamente pequeñas variaciones entre los estratos evaluados (Figura 27).

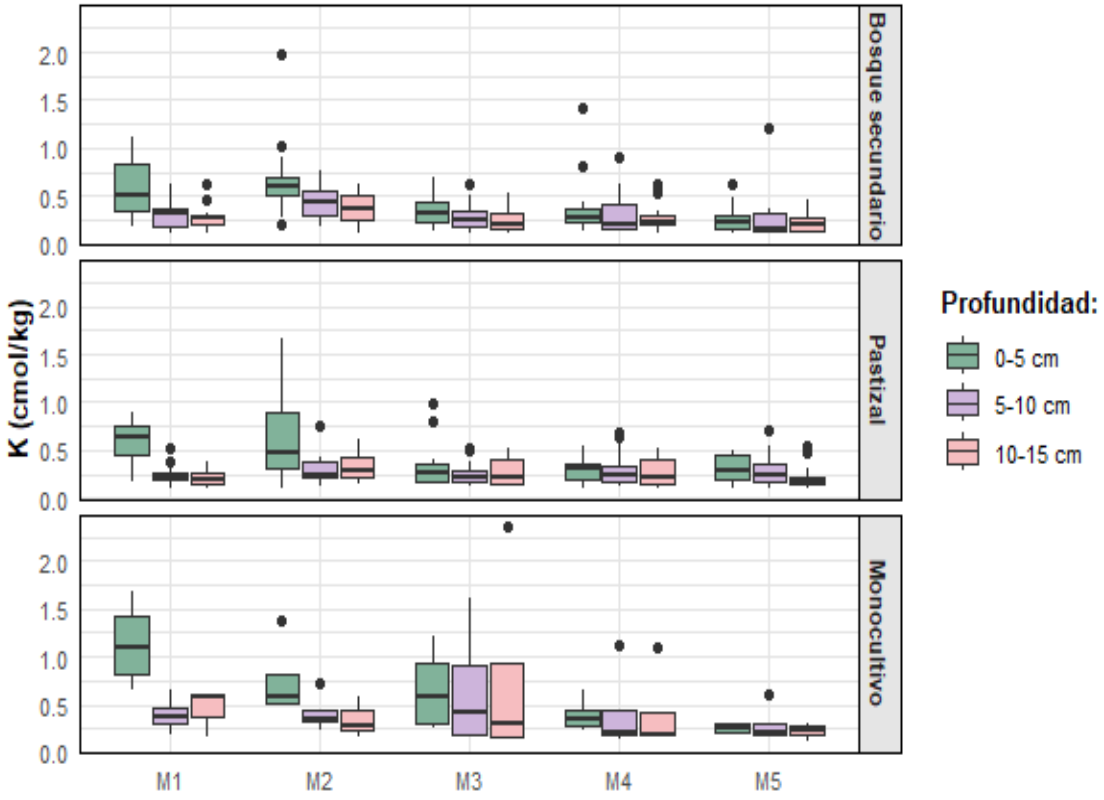


Figura 27. Potasio intercambiable (K^+) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en las concentraciones de calcio y magnesio intercambiables entre las coberturas evaluadas durante el periodo de seguimiento posterior al incendio no proporcionó evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis de que el tipo de cobertura influye significativamente en la disponibilidad de estos nutrientes. En contraste, el potasio intercambiable presentó diferencias significativas únicamente durante el primer mes de evaluación, cuando el monocultivo registró concentraciones superiores a las observadas en bosque secundario y pastizal; sin embargo, estas diferencias no se mantuvieron en los meses posteriores.

Los resultados obtenidos para calcio son comparables con los reportados por Afif y Oliveira-Prendes (2006), quienes registraron concentraciones de 3,9 cmol(+)/kg durante los primeros meses posteriores al incendio y una disminución hasta 2,2 cmol(+)/kg meses después. De manera similar, Ramirez-Caballero (2022) reportó valores de 1,14 cmol(+)/kg en bosques secundarios afectados por quema. Asimismo, la mayor concentración superficial observada en el presente estudio coincide con lo señalado por Diaz-Meza (2020), quien registró valores de 2,85 cmol(+)/kg en horizontes superficiales y 1,83 cmol(+)/kg en capas más profundas.

Para el magnesio intercambiable, los valores observados fueron similares a los reportados por Ramirez-Caballero (2022), quien encontró concentraciones de 0,98 cmol(+)/kg en suelos de bosque secundario post-incendio. Del mismo modo, Afif y Oliveira-Prendes (2006) registraron niveles de 1,10 cmol(+)/kg inmediatamente después del fuego y una reducción a 0,75 cmol(+)/kg durante los meses posteriores. La disminución de las concentraciones con la profundidad también coincide con los resultados de Diaz-Meza (2020), quien encontró valores de 1,32 cmol(+)/kg en capas superficiales y 0,96 cmol(+)/kg en estratos más profundos.

En el caso del potasio intercambiable, el incremento registrado durante el primer mes posterior al incendio concuerda con lo descrito por Diaz-Meza (2020), quien señala que este nutriente es uno de los elementos liberados más rápidamente por la combustión de la biomasa vegetal. Asimismo, Ramirez-Caballero (2022) reportó concentraciones de 0,14 cmol(+)/kg en

bosques secundarios afectados por quema, mientras que Afif y Oliveira-Prendes (2006) registraron valores de 0,51 cmol(+)/kg en horizontes superficiales, disminuyendo con la profundidad y el tiempo transcurrido desde el incendio.

Al comparar los resultados con ecosistemas sin perturbación reciente, se observa que las concentraciones de calcio, magnesio y potasio registradas durante el presente estudio fueron generalmente superiores a las reportadas por (Sánchez-Díaz 2018), quien encontró valores de calcio entre 0,59 y 1,86 cmol(+)/kg, magnesio entre 0,29 y 0,49 cmol(+)/kg y potasio entre 0,05 y 0,21 cmol(+)/kg en bosque secundario, monocultivo y pastizal. Del mismo modo, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) registraron en bosques de terraza alta concentraciones de 0,69 cmol(+)/kg para calcio, 0,20 cmol(+)/kg para magnesio y 0,09 cmol(+)/kg para potasio. Estas diferencias podrían estar asociadas al aporte temporal de bases intercambiables generado por la combustión de la biomasa durante el incendio, proceso que incrementa transitoriamente la disponibilidad de estos nutrientes en las capas superficiales del suelo.

4.5.6. Capacidad de intercambio catiónico

La prueba de Kruskal-Wallis mostró que la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) no presentó diferencias significativas entre las coberturas evaluadas durante la mayor parte del periodo de monitoreo ($p > 0,05$). Sin embargo, durante el segundo mes posterior al incendio se detectaron diferencias significativas entre coberturas ($p = 0,03$), y la prueba post hoc de Dunn evidenció diferencias significativas entre el bosque secundario y el pastizal. En los meses restantes no se registraron diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas evaluadas (ver Figura 46 del Anexo 3).

La CICe mostró variaciones temporales entre las coberturas evaluadas. El monocultivo presentó los mayores valores durante el periodo de monitoreo, aumentando de 4,53 cmol(+)/kg en el primer mes a 5,54 cmol(+)/kg en el quinto mes. El bosque secundario registró valores intermedios, con ligeras fluctuaciones temporales, disminuyendo de 4,75 cmol(+)/kg en el primer mes

a 4,15 cmol(+)/kg en el quinto mes. Por su parte, el pastizal presentó los valores más bajos, con aproximadamente 3,80 cmol(+)/kg durante el primer mes y 3,87 cmol(+)/kg en el quinto mes.

Respecto a la distribución vertical, los mayores valores de CICe se registraron en la capa superficial (0–5 cm) en las tres coberturas evaluadas. El valor más alto se observó en el monocultivo durante el quinto mes, alcanzando 5,74 cmol(+)/kg. En contraste, los estratos de 5–10 cm y 10–15 cm presentaron valores menores y relativamente similares entre sí, evidenciándose una disminución de la CICe con la profundidad del suelo (Figura 28).

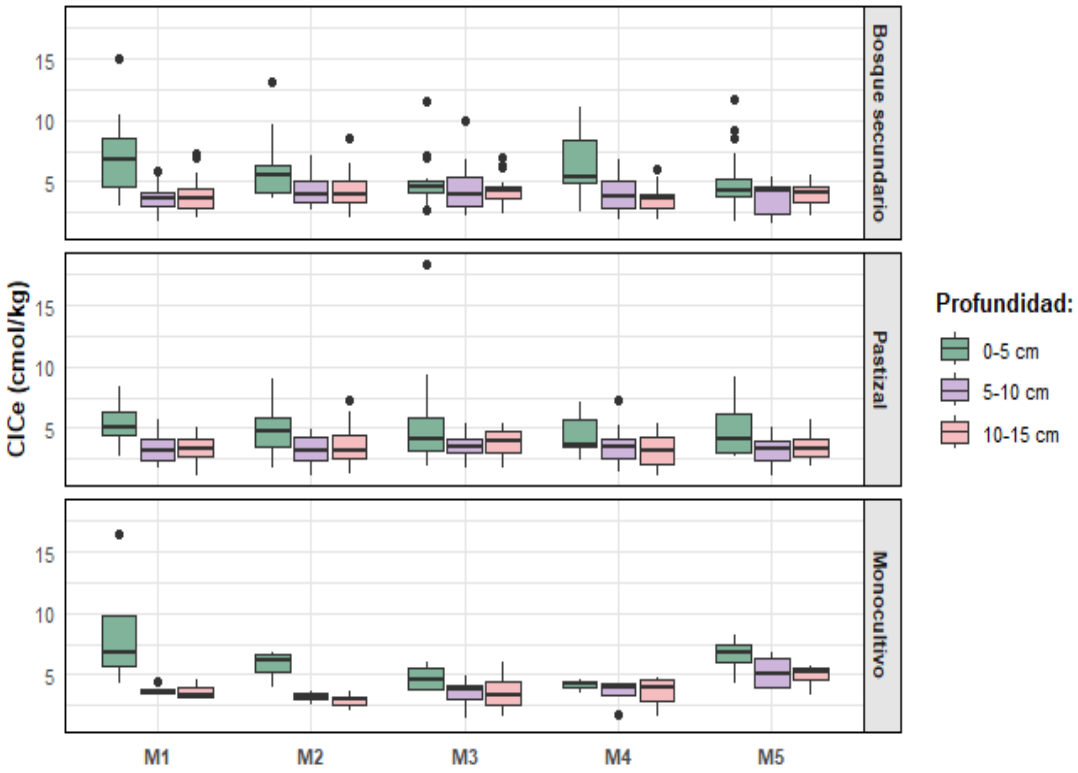


Figura 28. Capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe) presentó diferencias significativas únicamente durante el segundo mes posterior al incendio, específicamente entre el bosque secundario y el pastizal. Sin embargo, debido a que en los demás meses no se detectaron diferencias estadísticas entre coberturas, los resultados indican que la dinámica de esta propiedad química fue similar durante el periodo de recuperación evaluado. En consecuencia, no

se encontró evidencia suficiente para aceptar la hipótesis de que el tipo de cobertura influye significativamente sobre la capacidad de intercambio catiónico efectiva durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio.

Los valores obtenidos en el presente estudio fueron inferiores a los reportados por Ramirez-Caballero (2022), quien registró una CICe promedio de 10,71 cmol(+)/kg en bosques secundarios afectados por quema. Dicho autor atribuye esta mayor capacidad de intercambio al contenido de arcilla, ya que una mayor proporción de esta fracción favorece la retención de cationes intercambiables. Asimismo, el patrón de disminución de la CICe con la profundidad coincide con lo reportado por Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016), quienes registraron valores de 7,08 cmol(+)/kg a 5 cm de profundidad y 3,61 cmol(+)/kg a 30 cm. De manera similar, Díaz-Meza (2020) encontró valores de 5,10 cmol(+)/kg en los primeros 15 cm del suelo y 3,16 cmol(+)/kg a 30 cm de profundidad, señalando que esta reducción puede estar asociada a menores contenidos de materia orgánica y arcilla en los estratos más profundos.

Al comparar los resultados con ecosistemas sin perturbación reciente, se observa que los valores registrados en el presente estudio fueron cercanos a los reportados por Sanchez-Diaz (2018), quien encontró valores de CIC de 4,78 cmol(+)/kg en bosque secundario, 5,56 cmol(+)/kg en pastizal y 7,28 cmol(+)/kg en monocultivo. Por otro lado, Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024) registraron una CIC de 8,48 cmol(+)/kg en bosques de terraza alta.

4.5.7. Saturación de Aluminio e Hidrógeno

La prueba de Kruskal-Wallis indicó que la saturación de aluminio e hidrógeno (Al^{3+} + H^{+}) no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas evaluadas durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio ($p > 0,05$) (ver Figura 47 de Anexo 3).

De manera descriptiva, el bosque secundario registró los mayores porcentajes de saturación de aluminio e hidrógeno durante el periodo de evaluación,

alcanzando un valor de 22,98 % en el primer mes y su mayor valor en el tercer mes, con 35,25 %, para posteriormente presentar una disminución hacia el quinto mes, con 23,33 %. El pastizal presentó valores intermedios, con una variación relativamente estable durante el periodo de monitoreo, mientras que el monocultivo registró los menores valores durante gran parte del periodo, con 5,70 % en el primer mes, 18,72 % en el segundo y 8,40 % en el tercer mes. Posteriormente, esta cobertura presentó un incremento en el cuarto mes, alcanzando 22,65 %, seguido de una disminución hasta 0,00 % en el quinto mes.

Respecto a la distribución vertical, la saturación de aluminio e hidrógeno aumentó con la profundidad del suelo en las tres coberturas evaluadas. La capa superficial (0 - 5 cm) presentó los valores más bajos, con un promedio general de 1,83 %, mientras que la profundidad de 10 - 15 cm registró las mayores saturaciones. Este comportamiento evidencia una mayor presencia de saturación de aluminio e hidrógeno en los estratos subsuperficiales del suelo (Figura 29).

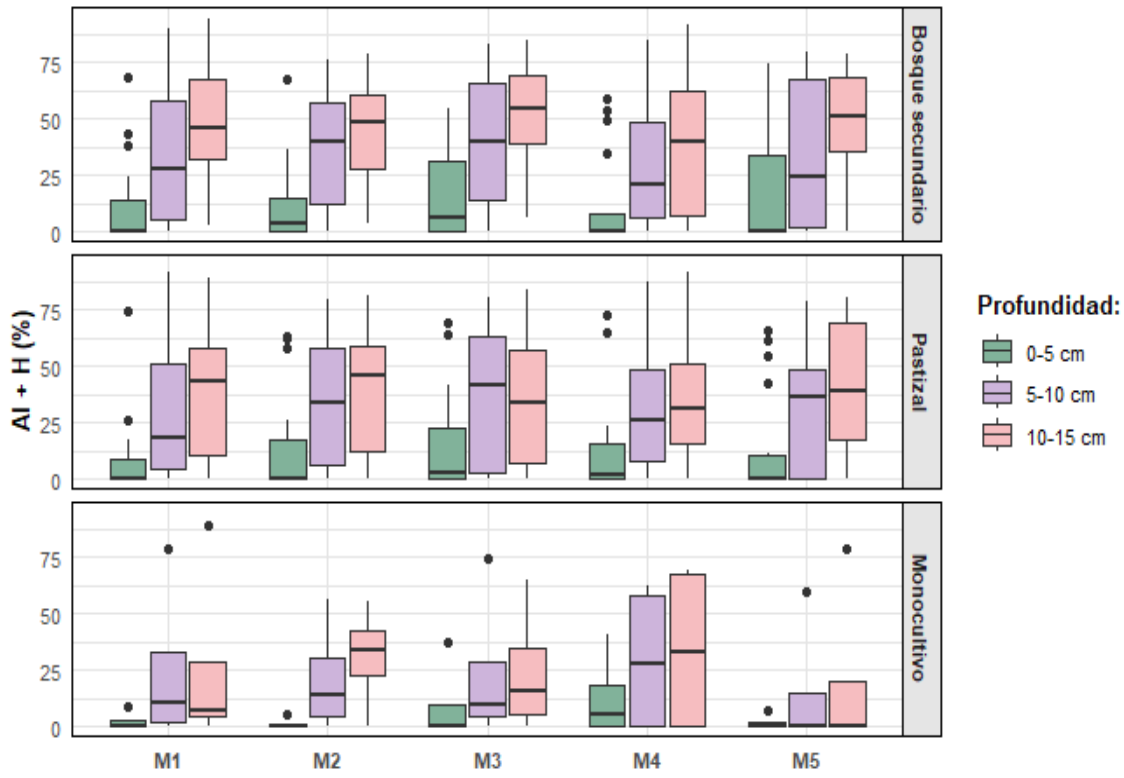


Figura 29. Saturación de aluminio e hidrógeno (Al + H) por cobertura, profundidad y mes de evaluación.

La ausencia de diferencias significativas en la saturación de aluminio e hidrógeno entre las coberturas evaluadas durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio indica que este parámetro químico presentó un comportamiento estadísticamente similar en bosque secundario, pastizal y monocultivo. En consecuencia, los resultados no proporcionaron evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis de que el tipo de cobertura influye significativamente en la saturación de aluminio e hidrógeno durante el periodo de recuperación evaluado.

Desde una perspectiva ecológica, los mayores valores observados en los estratos más profundos sugieren una acumulación de la acidez potencial del suelo conforme aumenta la profundidad. Este patrón podría explicarse porque la capa superficial habría sido temporalmente favorecida por el efecto alcalinizante de las cenizas generadas por el incendio, reduciendo la proporción relativa de aluminio e hidrógeno. Por el contrario, los estratos subsuperficiales conservarían una mayor acidez debido a la menor influencia directa del fuego y a una menor acumulación de materia orgánica y bases intercambiables.

Los resultados obtenidos son consistentes con lo reportado por Ramirez-Caballero (2022), quien registró una saturación de aluminio e hidrógeno cercana al 56 % en suelos de bosque secundario posteriores al incendio, evidenciando una elevada saturación ácida del suelo una vez transcurrido el efecto inicial de la quema.

Al comparar estos resultados con ecosistemas sin perturbación reciente, se observa que los valores registrados fueron superiores a los reportados por Huaylla-Ttito y Ponce de Leon-Chucutya (2024), quienes encontraron una saturación de aluminio e hidrógeno de 3,40 % en bosques de terraza alta. Esta diferencia podría estar asociada a los cambios temporales generados por el incendio sobre la dinámica de la acidez del suelo, así como a las características edáficas propias de cada ecosistema.

4.6. Relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características físicas y químicas del suelo

El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H', ln) fue correlacionado con las propiedades físicas y químicas del suelo mediante el coeficiente de correlación de Spearman. Los resultados evidenciaron una correlación positiva de baja magnitud entre la diversidad de macroinvertebrados y el nitrógeno total (ρ = 0,190; p = 0,007), indicando que mayores contenidos de nitrógeno estuvieron asociados con incrementos leves en la diversidad (Figura 30).

Por otro lado, el pH mostró una tendencia positiva débil de baja magnitud (ρ = 0,131; p = 0,064); sin embargo, esta relación no fue estadísticamente significativa. Asimismo, la textura del suelo (arena, limo y arcilla), la densidad aparente y las variables químicas materia orgánica, fósforo disponible, calcio intercambiable, magnesio intercambiable, potasio intercambiable, CICe y saturación de aluminio e hidrógeno no presentaron correlaciones significativas con el índice de Shannon-Wiener (p > 0,05) (ver Tabla 16 del Anexo 3).

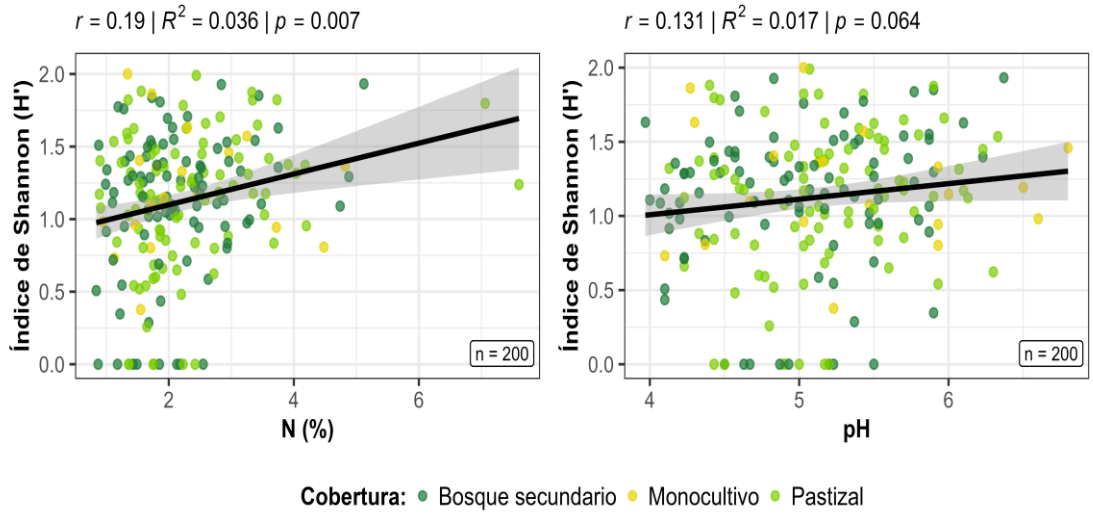


Figura 30. Relación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H', ln) y las propiedades químicas de suelo.

Las correlaciones observadas entre la diversidad de macroinvertebrados y las propiedades químicas del suelo fueron de baja magnitud, lo que indica que estas variables explicaron solo una pequeña proporción de la variación

registrada en la diversidad durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio. En particular, el nitrógeno total presentó una correlación positiva débil con el índice de Shannon-Wiener, mientras que el pH mostró únicamente una tendencia positiva sin alcanzar significancia estadística.

Estos resultados concuerdan con Huang et al. (2024), quienes señalan que los incendios forestales generan modificaciones temporales en las propiedades químicas del suelo que no necesariamente se traducen en incrementos inmediatos de la diversidad de macroinvertebrados. La alteración del microhábitat, la pérdida de refugios y los cambios en las condiciones ambientales pueden limitar la respuesta biológica aun cuando algunos nutrientes presenten incrementos temporales (Villers-Ruiz y Blanco-López 2004).

Asimismo, la resiliencia de ciertos grupos de macroinvertebrados, especialmente los detritívoros, estaría relacionada con su capacidad para refugiarse en estratos subsuperficiales o recolonizar desde áreas no afectadas por el fuego (Aliaga-Quispe y Garzón-Flores 2016; Huang et al. 2024; Zaitsev et al. 2014). Esto explicaría por qué la recuperación de la diversidad no depende exclusivamente de la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

De manera complementaria, Afif y Oliveira-Prendes (2006) reportaron que la quema puede incrementar temporalmente la disponibilidad de nutrientes como nitrógeno y carbono; sin embargo, destacan que la recuperación de la fauna edáfica está más asociada al tiempo transcurrido desde el disturbio y al restablecimiento de la cobertura vegetal, la cual proporciona alimento, humedad y refugio para los organismos del suelo.

En la misma línea, Ramirez-Caballero (2022); Cotrina-Tantavilca (2022) documentaron reducciones en la diversidad y riqueza de la macrofauna después de la quema, aun cuando algunas propiedades químicas del suelo mostraron incrementos temporales. De igual manera, Aliaga-Quispe y Garzón-Flores (2016); Diaz-Meza (2020) registraron variaciones en pH,

materia orgánica y nitrógeno posteriores al incendio acompañadas por disminuciones de la macrofauna superficial.

En conjunto, estos antecedentes sugieren que la recuperación de la diversidad de macroinvertebrados depende de múltiples factores que actúan simultáneamente, entre ellos la humedad y temperatura del suelo, la disponibilidad de alimento, la cobertura vegetal, la severidad del incendio y el tiempo de regeneración del ecosistema. Por ello, las variables químicas evaluadas en el presente estudio explicarían solo una fracción limitada de las variaciones observadas en la diversidad de macroinvertebrados.

CONCLUSIONES

1. La densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres coberturas de suelo evaluadas durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio ($p > 0,05$). La comunidad estuvo dominada principalmente por Isoptera (34,1 %), seguido de Hymenoptera (22,45 %) y Crassiclitellata (15,76 %). En cuanto a la biomasa, Crassiclitellata constituyó el principal aporte en las tres coberturas, acompañado por Julida y Polydesmida en distintos momentos del periodo de evaluación. Por lo que no se encontró evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alterna planteada.

2. La diversidad de macroinvertebrados edáficos, evaluada mediante el índice de Shannon, presentó diferencias estadísticamente significativas únicamente durante el primer mes posterior al incendio ($\chi^2 = 6,72$; $p = 0,03$), registrándose los mayores valores en monocultivo. Sin embargo, en los meses posteriores (M2 - M5) no se encontraron diferencias significativas entre las coberturas evaluadas ($p > 0,05$). Asimismo, se observaron variaciones temporales de la diversidad dentro de las coberturas, con un incremento en el bosque secundario y pastizal, mientras que el monocultivo presentó fluctuaciones durante el periodo de evaluación. En consecuencia, se encontró evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alterna únicamente durante el primer mes de evaluación; para los meses posteriores, no se encontró evidencia estadística suficiente para respaldarla.

3. La riqueza de macroinvertebrados edáficos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de cobertura del suelo durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio ($p > 0,05$). No obstante, se observaron variaciones temporales en la composición taxonómica dentro de cada cobertura, con valores que oscilaron entre 4 y 7 órdenes, destacando un incremento progresivo en pastizal y bosque secundario hacia los últimos meses, mientras que el monocultivo mostró una disminución intermedia seguida de una recuperación parcial. En consecuencia, no se encontró evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alterna planteada.

4. Las propiedades físicas del suelo, representadas por la densidad aparente y la textura, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre las coberturas durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio ($p > 0,05$). La densidad aparente mostró un incremento con la profundidad en las tres coberturas, mientras que la textura se caracterizó por el predominio de la fracción arena, seguida de limo y arcilla, manteniendo una composición relativamente estable durante el periodo de evaluación. En consecuencia, no se encontró evidencia estadística suficiente para respaldar la hipótesis alterna planteada.

5. Las propiedades químicas del suelo presentaron, en general, un comportamiento similar entre bosque secundario, pastizal y monocultivo durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio. No obstante, se detectaron diferencias significativas en el potasio intercambiable durante el primer mes y en la capacidad de intercambio catiónico efectiva durante el segundo mes. Asimismo, se observaron variaciones temporales y verticales, con mayores concentraciones de algunas propiedades en la capa superficial y fluctuaciones durante los primeros meses, seguidas de una tendencia general hacia la estabilización. En consecuencia, la hipótesis específica fue parcialmente respaldada por los resultados obtenidos.

6. La diversidad de macroinvertebrados mostró correlaciones de baja magnitud con las propiedades físicas y químicas del suelo, destacando únicamente una relación positiva débil y significativa con el nitrógeno total, mientras que el pH presentó una tendencia positiva débil no significativa y el resto de variables no evidenciaron asociaciones estadísticas relevantes. Estos resultados indican que las propiedades edáficas evaluadas explican una proporción limitada de la variación en la diversidad durante el periodo posterior al incendio. En consecuencia, la hipótesis específica fue respaldada únicamente de manera parcial. Asimismo, debido al diseño correlacional del estudio, no es posible establecer relaciones de causalidad entre las variables, sino únicamente asociaciones.

Cumplimiento de los objetivos específicos

OE1: Se determinó la fluctuación de la densidad y biomasa de macroinvertebrados en los tres tipos de cobertura durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio, cumpliéndose el objetivo propuesto.

OE2: Se determinó la diversidad de macroinvertebrados en las coberturas evaluadas durante el periodo de estudio, cumpliéndose el objetivo específico.

OE3: Se evaluó la riqueza de macroinvertebrados en las tres coberturas durante las cinco evaluaciones mensuales posteriores al incendio, cumpliéndose el objetivo específico.

OE4: Se evaluaron las características físicas del suelo (densidad aparente y textura) en las tres coberturas durante el periodo de monitoreo, cumpliéndose el objetivo específico.

OE5: Se evaluaron las características químicas del suelo (pH, materia orgánica y nutrientes) en las tres coberturas, cumpliéndose el objetivo específico.

OE6: Se estableció la relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las propiedades físicas y químicas del suelo, cumpliéndose parcialmente el objetivo específico debido a correlaciones de baja magnitud.

LIMITACIONES DE ESTUDIO

- Una limitación del presente estudio fue la identificación taxonómica de los macroinvertebrados hasta el nivel de orden. Si bien este nivel permitió describir los patrones generales de recolonización posteriores al incendio, es posible que existan diferencias ecológicas y funcionales entre familias, géneros o especies pertenecientes a un mismo orden que no fueron detectadas.
- El periodo de evaluación comprendió únicamente cinco meses posteriores al incendio, lo que limita la interpretación de los resultados a la fase inicial de la recolonización de macroinvertebrados edáficos. Procesos de recuperación a mediano y largo plazo podrían presentar patrones diferentes a los observados en este estudio.
- Al tratarse de un diseño no experimental, no se establecieron grupos control y experimental en sentido estricto, debido a que las unidades de estudio correspondieron a condiciones naturales previamente impactadas por incendios, limitándose el análisis a la comparación entre coberturas de suelo ya existentes. En este sentido, no fue posible establecer relaciones de causalidad entre las variables evaluadas, sino únicamente asociaciones y descripciones de los patrones observados.
- No se controlaron completamente factores ambientales como microclima, intensidad del incendio o heterogeneidad del suelo previo al evento, los cuales podrían influir en la recolonización de macroinvertebrados y en las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- No se evaluó la severidad ni la intensidad de los incendios mediante índices espectrales o mediciones directas, por lo que los resultados deben interpretarse considerando únicamente las condiciones observadas en campo.

SUGERENCIAS

Para futuras investigaciones:

- Se sugiere incorporar análisis taxonómicos a niveles más específicos, como familia o género, lo que permitiría una comprensión más detallada de la respuesta ecológica de los macroinvertebrados frente a las alteraciones ocasionadas por el fuego.
- Es recomendable ampliar el periodo de monitoreo a mediano y largo plazo, con el fin de evaluar la dinámica completa de recolonización de la fauna edáfica y la recuperación del suelo posterior al incendio.
- Asimismo, se recomienda incluir la intensidad o severidad del incendio como variable de análisis, debido a su posible influencia en la respuesta de los macroinvertebrados y en las propiedades fisicoquímicas del suelo.
- Finalmente, se sugiere considerar la variabilidad estacional (época seca y lluviosa) en el diseño de muestreo, a fin de evaluar con mayor precisión la dinámica temporal de las comunidades edáficas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AALTONEN, H., PALVIAINEN, M., ZHOU, X., KÖSTER, E., BERNINGER, F., PUMPANEN, J. y KÖSTER, K., 2019. Temperature sensitivity of soil organic matter decomposition after forest fire in Canadian permafrost region. Journal of Environmental Management [en línea], vol. 241, no. 1, pp. 637-644. ISSN 03014797. DOI 10.1016/j.jenvman.2019.02.130. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479719302907.

AFIF, E. y OLIVEIRA-PRENDES, J.A., 2006. Effects of prescribed fire on health in soil properties. Forest Systems [en línea], vol. 15, no. 3, pp. 262–270. ISSN 2171-9845. DOI 10.5424/srf/2006153-00969. Disponible en: https://fs.revistas.csic.es/index.php/fs/article/view/969.

ALIAGA-QUISPE, D. y GARZÓN-FLORES, B., 2016. Efecto de la quema de purmas sobre la calidad del suelo en el distrito de Pichanaki - Chanchamayo [en línea]. S.l.: Universidad Nacional del Centro del Perú. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.12894/3457.

ANDERSON, J.M. y INGRAM, J.S.I., 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2da ed. Wallingford: CAB International. ISBN 9780851988214.

AÑÓ-VIDAL, C., SÁNCHEZ-DÍAZ, J. y CARBÓ-VALVERDE, E., 2022. Efectos de los incendios en los suelos forestales de la Comunidad Valenciana. Revisión bibliográfica. Cuaternario y Geomorfología [en línea], vol. 36, no. 1-2, pp. 53-75. ISSN 2695-8589. DOI 10.17735/cyg.v36i1-2.92407. Disponible en: https://recyt.fecyt.es/index.php/CUGEO/article/view/92407.

AQUINO, A.M. de, 2001. Manual para coleta de macrofauna do solo. . Seropédica, Rio de Janeiro: Documentos, 130.

ARMENTERAS, D., GONZÁLEZ, T.M., VARGAS, J.O., MEZA-ELIZALDE, M.C. y OLIVERAS, I., 2020. Incendios en ecosistemas del norte de Suramérica: avances en la ecología del fuego tropical en Colombia, Ecuador y Perú. Caldasia [en línea], vol. 42, no. 1, pp. 1-16. ISSN 2357-3759. DOI 10.15446/caldasia.v42n1.77353. Disponible en: https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/77353.

BAZÁN-TAPIA, R., 2017. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. 1ra ed. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria.

BEDANO, J.C., DOMÍNGUEZ, A., AROLFO, R. y WALL, L.G., 2016. Effect of Good Agricultural Practices under no-till on litter and soil invertebrates in areas with different soil types. Soil and Tillage Research [en línea], vol. 158, no. 1, pp. 100-109. ISSN 0167-1987. DOI 10.1016/j.still.2015.12.005. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167198715300702.

BRAY, R. y KURTZ, L., 1945. Determination of Total, Organic, and Available

Forms of Phosphorus in Soils. Soil Science, vol. 59, no. 1, pp. 39-46. DOI 10.1097/00010694-194501000-00006.

CADENA-ZAMUDIO, D.A., FLORES-GARNICA, J.G., FLORES-RODRÍGUEZ, A.G. y LOMELÍ-ZAVALA, M.E., 2020. Efecto de incendios en la vegetación de sotobosque y propiedades químicas de suelo de bosques templados. Agro Productividad [en línea], vol. 13, no. 4, ISSN 2594-0252. DOI 10.32854/agrop.vi.1684. Disponible en: http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1684.

CASTILLO, M., PEDERNERA, P. y PEÑA, E., 2003. Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis global. Ambiente y desarrollo [en línea], vol. 19, no. 3-4, pp. 44-53. Disponible en: https://keneamazon.net/Documents/Publications/Virtual-Library/GRFFS/18.pdf.

CASTRO, D., PEÑA-VENEGAS, C.P., RODRÍGUEZ-LEÓN, C.H., DURAN-BAUTISTA, E.H. y STERLING, A., 2025. Soil macroarthropod communities of Amazon degraded pastures restore differently during their natural regrowth. Nature Conservation [en línea], vol. 58, pp. 195-225. ISSN 13143301. DOI 10.3897/natureconservation.58.136370. Disponible en: https://natureconservation.pensoft.net/article/136370/.

CELIS, R. De, JORDÁN, A. y ZAVALA, L., 2013. Efectos del fuego en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. En: A. BENTO-GONÇALVES y A. VIEIRA (eds.), Grandes Incêndios Florestais, Erosão, Degradação e Medidas de Recuperação dos Solos [en línea]. Guimaraes: Núcleo de Investigação em Geografia e Planeamento (NIGP)., pp. 145-160. vol. 1. Disponible en: http://hdl.handle.net/11441/53599.

CENEPRED (CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, P. y R. del R. de D., 2020. Escenario de riesgo por incendios forestales. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres [en línea]. Lima: Disponible en: https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/14419_escenario-de-riesgo-por-incendios-forestales-de-la-region-san-martin.pdf.

COSTA, A. das G., TORRES, F.T.P., LIMA, G.S., MELO, F.R. de, RODRIGUES, V.B., SANTANA NETO, V.P. y FERNANDES, T.V., 2022. Fire Influence on the Ants Community in Savanic and Forest Environments of the Cerrado Biome. Floresta e Ambiente [en línea], vol. 29, no. 1, pp. e2022002. ISSN 2179-8087. DOI 10.1590/2179-8087-floram-2022-0025. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2179-80872022000100308&tlng=en.

COTRINA-TANTAVILCA, L.D.R., 2022. Efecto de las quemas agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco, Concepción 2021 [en línea]. S.l.: Universidad Continental. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.12394/11367.

DE MEDEIROS-SARMENTO, P.S., FERREIRA, L.V. y GASTAUER, M., 2025.

Recovery of soil macrofauna in Amazonian secondary forests is driven by vegetation complexity rather than fallow age alone. Frontiers in Forests and Global Change [en línea], vol. 8, no. December, pp. 1-10. ISSN 2624-893X. DOI 10.3389/ffgc.2025.1713966. Disponible en: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2025.1713966/full.

DIAZ-MEZA, S.L., 2020. Efecto de la quema de un bosque secundario en las propiedades físicas y químicas del suelo en el fundo Nvo. Trujillo [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14292/2462.

ESCOBEDO-TORRES, R., 2009. Zonificación ecológica y económica del departamento de Madre de Dios: suelos y capacidad de uso mayor de la tierra. [en línea]. Puerto Maldonado: Disponible en: https://terra.iiap.gob.pe/assets/files/macro/zee-madre-de-dios/04_Suelos_CUM_2008.pdf.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), 2008. Manejo del fuego: principios y acciones estratégicas. Directrices de carácter voluntario para el manejo del fuego. [en línea]. Roma: Documento de Trabajo sobre el Manejo del Fuego, 17. Disponible en: https://www.fao.org/3/j9255s/j9255s00.htm.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS), 2015. Status of the World's Soil Resources. Intergovernmental Technical Panel on Soils [en línea]. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-i5199e.pdf.

FIAMONCINI-PASTÓRIO, F., FIORENTIN, K. y DE GASPER, A.L., 2023. Classification systems for secondary forests in four neotropical countries: Synthesis and conceptual analysis. Bosque (Valdivia) [en línea], vol. 44, no. 3, pp. 469-479. ISSN 0717-9200. DOI 10.4067/s0717-92002023000300469. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002023000300469&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

GARCÊS, A. y PIRES, I., 2023. The Hell of Wildfires: The Impact on Wildlife and Its Conservation and the Role of the Veterinarian. Conservation [en línea], vol. 3, no. 1, pp. 96-108. ISSN 2673-7159. DOI 10.3390/conservation3010009. Disponible en: https://www.mdpi.com/2673-7159/3/1/9.

GERRARD, J., 2000. Fundamentals of Soil. 1ra ed. Abingdon: Routledge. ISBN 978-0-415-19933-0.

GFW (GLOBAL FOREST WATCH), 2024. Tambopata, Peru, Madre de Dios Deforestation Rates & Statistics. [en línea]. [consulta: 10 noviembre 2024]. Disponible en: https://www.globalforestwatch.org/.

GIL-MORA, J.E., 2022. Los incendios: causas e impactos. El antoniano [en línea], vol. 135, no. 1, pp. 68-113. DOI 10.51343/anto.v135i1.866. Disponible en:

https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/anto/article/view/866.

GONGALSKY, K.B. y PERSSON, T., 2013. Recovery of soil macrofauna after wildfires in boreal forests. Soil Biology and Biochemistry, vol. 57, no. 1, pp. 182-191. ISSN 00380717. DOI 10.1016/j.soilbio.2012.07.005.

GRRNGA (GERENCIA REGIONAL DE RECURSOS NATURALES Y GESTIÓN DEL AMBIENTE), 2020. Plan de prevención y reducción del riesgo de desastres frente a incendios forestales región Madre de Dios. [en línea]. Puerto Maldonado: Disponible en: https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/10108.

HAQUE, M.K., AZAD, M.A.K., HOSSAIN, M.Y., AHMED, T., UDDIN, M. y HOSSAIN, M.M., 2021. Wildfire in Australia during 2019-2020, Its Impact on Health, Biodiversity and Environment with Some Proposals for Risk Management: A Review. Journal of Environmental Protection [en línea], vol. 12, no. 06, pp. 391-414. ISSN 2152-2197. DOI 10.4236/jep.2021.126024. Disponible en: https://www.scirp.org/journal/doi.aspx?doi=10.4236/jep.2021.126024.

HERNANDEZ-JIMENEZ, A., BOJORQUEZ-SERRANO, J., MORELL-PLANES, F., CABRERA-RODRIGUEZ, A., ASCANIO-GARCIA, M., GARCIA-PAREDES, H., MADUEÑO-MOLINA, A. y NAJERA-GONZALES, O., 2010. Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. 1ra ed. Tepic, Nayarit: Universidad Autonoma de Nayarit. ISBN 978-607-7868-27-9.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNANDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA-LUCIO, M. del P., 2014. Metodología de la investigación. 6ta ed. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana Editores. ISBN 1456223968.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA-TORRES, C.P., 2018. Metodología de investigación: Las rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta. 1ra ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamericana Editores. ISBN 978-1-4562-6096-5.

HUANG, W., GONZÁLEZ, G., BARBERENA-ARIAS, M.F., LIU, W. y ZOU, X., 2024. Changes in soil arthropods and litter nutrients after prescribed burn in a subtropical moist pastureland. Pedobiologia, vol. 106, no. 1, ISSN 00314056. DOI 10.1016/j.pedobi.2024.150990.

HUAYLLA-TTITO, F.E. y PONCE DE LEON-CHUCUTYA, B.J., 2024. 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]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. [consulta: 2 marzo 2025]. Disponible en: http://hdl.handle.net/20.500.14070/1130.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), 1998. ISO 13878:1998. Soil quality — Determination of total nitrogen content by dry combustion (elemental analysis). [en línea]. Ginebra: International Organization for Standardization (ISO). Disponible en: https://www.iso.org/standard/23117.html.

JAKSIC, F.M. y FARIÑA, J.M., 2015. Incendios, sucesión y restauración ecológica en contexto. Anales del Instituto de la Patagonia [en línea], vol. 43, no. 1, pp. 23-34. ISSN 0718-686X. DOI 10.4067/S0718-686X2015000100003. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-686X2015000100003&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

JONES, M.W., ABATZOGLOU, J.T., VERAVERBEKE, S., ANDELA, N., LASSLOP, G., FORKEL, M., SMITH, A.J.P., BURTON, C., BETTS, R.A., VAN DER WERF, G.R., SITCH, S., CANADELL, J.G., SANTÍN, C., KOLDEN, C., DOERR, S.H. y LE QUÉRÉ, C., 2022. Global and Regional Trends and Drivers of Fire Under Climate Change. Reviews of Geophysics [en línea], vol. 60, no. 3, pp. 1-76. ISSN 8755-1209. DOI 10.1029/2020RG000726. Disponible en: https://doi.org/10.1029/2020RG000726.

KELLEY, D.I., BURTON, C., DI GIUSEPPE, F., JONES, M.W., BARBOSA, M.L.F., BRAMBLEBY, E., MCNORTON, J.R., LIU, Z., BRADLEY, A.S.I., BLACKFORD, K., BURKE, E., CIAVARELLA, A., DI TOMASO, E., EDEN, J., FERREIRA, I.J.M., FIEDLER, L., HARTLEY, A.J., KEEPING, T.R., LAMPE, S., LOMBARDI, A., MATAVELI, G., QU, Y., SILVA, P.S., SPULER, F.R., STEINMANN, C.B., TORRES-VÁZQUEZ, M.Á., VEIGA, R., VAN WEES, D., WESSEL, J.B., WRIGHT, E., BILBAO, B., BOURBONNAIS, M., GAO, C., DI BELLA, C.M., DINTWE, K., DONOVAN, V.M., HARRIS, S., KUKAVSKAYA, E.A., N'DRI, A.B., SANTÍN, C., SELAYA, G., SJÖSTRÖM, J., ABATZOGLOU, J.T., ANDELA, N., CARMENTA, R., CHUVIECO, E., GIGLIO, L., HAMILTON, D.S., HANTSON, S., MEIER, S., PARRINGTON, M., SADEGH, M., SAN-MIGUEL-AYANZ, J., SEDANO, F., TURCO, M., VAN DER WERF, G.R., VERAVERBEKE, S., ANDERSON, L.O., CLARKE, H., FERNANDES, P.M. y KOLDEN, C.A., 2025. State of Wildfires 2024–2025. Earth System Science Data [en línea], vol. 17, no. 10, pp. 5377-5488. ISSN 1866-3516. DOI 10.5194/essd-17-5377-2025. Disponible en: https://essd.copernicus.org/articles/17/5377/2025/.

KIM, D.-G., LEE, C.-Y., CHOI, L.-J., KANG, H.-J., BAEK, M.-J., KIM, J.-G. y BAE, Y.-J., 2014. Drought effects on the colonization of benthic macroinvertebrate communities in the early successional phases in experimental mesocosm wetlands. Journal of Freshwater Ecology [en línea], vol. 29, no. 4, pp. 507-524. ISSN 0270-5060. DOI 10.1080/02705060.2014.910846. Disponible en: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02705060.2014.910846.

LAMBIN, E.F., GEIST, H.J. y LEPERS, E., 2003. Dynamics of Land-Use and Land-Cover Change in Tropical Regions. Annual Review of Environment and Resources [en línea], vol. 28, no. 1, pp. 205-241. ISSN 1543-5938. DOI 10.1146/annurev.energy.28.050302.105459. Disponible en: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459.

LAVELLE, P., MATHIEU, J., SPAIN, A., BROWN, G., FRAGOSO, C., LAPIED,

E., DE AQUINO, A., BAROIS, I., BARRIOS, E., BARROS, M.E., BEDANO, J.C., BLANCHART, E., CAULFIELD, M., CHAGUEZA, Y., DAI, J., DECAËNS, T., DOMINGUEZ, A., DOMINGUEZ, Y., FEIJOO, A., FOLGARAIT, P., FONTE, S.J., GOROSITO, N., HUERTA, E., JIMENEZ, J.J., KELLY, C., LORANGER, G., MARCHÃO, R., MARICHAL, R., PRAXEDES, C., RODRIGUEZ, L., ROUSSEAU, G., ROUSSEAU, L., RUIZ, N., SANABRIA, C., SUAREZ, J.C., TONDOH, J.E., DE VALENÇA, A., VANEK, S.J., VASQUEZ, J., VELASQUEZ, E., WEBSTER, E. y ZHANG, C., 2022. Soil macroinvertebrate communities: A world-wide assessment. Global Ecology and Biogeography [en línea], vol. 31, no. 7, pp. 1261-1276. ISSN 1466-822X. DOI 10.1111/geb.13492. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/geb.13492.

LAVELLE, P., SPAIN, A., BLOUIN, M., BROWN, G., DECAËNS, T., GRIMALDI, M., JIMÉNEZ, J.J., MCKEY, D., MATHIEU, J., VELASQUEZ, E. y ZANGERLÉ, A., 2016. Ecosystem engineers in a self-organized soil: A review of concepts and future research questions. Soil Science, vol. 181, no. 3-4, pp. 91-109. ISSN 1538-9243. DOI 10.1097/SS.0000000000000155.

LÓPEZ-GUTIÉRREZ, C., GARIBAY-ORIJEL, R., ARMENDÁRIZ-TOLEDANO, F., RAZO-GONZÁLEZ, M. y CANCINO-LÓPEZ, R., 2025. Biodiversidad de la fauna edafica del Suelo de Conservación de la Ciudad de México. 1ra ed. Mexico: irección General de Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

MACCARTHY, J., RICHTER, J., TYKAVINA, S. y HARRIS, N., 2025. The Latest Data Confirms: Forest Fires Are Getting Worse. World Resources Institute [en línea]. [consulta: 10 octubre 2025]. Disponible en: https://www.wri.org/insights/global-trends-forest-fires.

MANTONI, C., DI MUSCIANO, M. y FATTORINI, S., 2020. Use of microarthropods to evaluate the impact of fire on soil biological quality. Journal of Environmental Management [en línea], vol. 266, no. 1, pp. 110624. ISSN 03014797. DOI 10.1016/j.jenvman.2020.110624. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479720305569.

MATAIX-SOLERA, J., 2000. Alteraciones físicas, químicas y biológicas en suelos afectados por incendios forestales: contribución a su conservación y regeneración [en línea]. S.l.: Universidad de Alicante. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/9988/4/Mataix-Solera-Jorge_3.pdf.

MELLON, C.D., WIPFLI, M.S. y LI, J.L., 2008. Effects of forest fire on headwater stream macroinvertebrate communities in eastern Washington, U.S.A. Freshwater Biology [en línea], vol. 53, no. 11, pp. 2331-2343. ISSN 0046-5070. DOI 10.1111/j.1365-2427.2008.02039.x. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2427.2008.02039.x.

OLIVER, V., OLIVERAS, I., KALA, J., LEVER, R. y TEH, Y.A., 2017. The

effects of burning and grazing on soil carbon dynamics in managed Peruvian tropical montane grasslands. Biogeosciences [en línea], vol. 14, no. 24, pp. 5633-5646. ISSN 1726-4189. DOI 10.5194/bg-14-5633-2017. Disponible en: https://bg.copernicus.org/articles/14/5633/2017/.

OLLIFF, M., 2021. Soil Macroinvertebrates Responses to Wildfires in the Blue Ridge Mountains, USA [en línea]. S.l.: Georgia College & State University. Disponible en: https://kb.gcsu.edu/biology/20.

PELLEGRINI, A., AHLSTROM, A., HOBBIE, S. y REICH, P., 2018. Fire frequency drives decadal changes in soil carbon and nitrogen and ecosystem productivity. Nature, vol. 553, no. 7687, pp. 194-198. DOI 10.1038/nature24668.

PEREIRA, P.A. da S., 2010. Efeitos da intensidade de fogo nas características físico-químicas das cinzas das espécies vegetais Mediterrâneas e o seu impacto na qualidade da água. [en línea]. S.l.: Universidad de Barcelona. Disponible en: https://hdl.handle.net/10316/47278.

PONGE, J.., GILLET, S., DUBS, F., FEDOROFF, E., HAESE, L., SOUSA, J.. y LAVELLE, P., 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. Soil Biology and Biochemistry [en línea], vol. 35, no. 6, pp. 813-826. ISSN 0038-0717. DOI 10.1016/S0038-0717(03)00108-1. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0038071703001081.

PRADHAN, A., CARVALHO, F., ABRANTES, N., CAMPOS, I., KEIZER, J., CASSIO, F. y PASCOAL, C., 2020. Biochemical and functional responses of stream invertebrate shredders to post-wildfire contamination. Environmental Pollution, vol. 267, pp. 115433. DOI 10.1016/j.envpol.2020.115433.

PRESSLER, Y., MOORE, J.C. y COTRUFO, M.F., 2019. Belowground community responses to fire: meta-analysis reveals contrasting responses of soil microorganisms and mesofauna. Oikos [en línea], vol. 128, no. 3, pp. 309-327. ISSN 0030-1299. DOI 10.1111/oik.05738. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/oik.05738.

PUGA, J.R., MOREIRA, F., KEIZER, J.J. y ABRANTES, N.J., 2024. Immediate Impacts of Wildfires on Ground-dwelling macroinvertebrate Communities under Stones in Mediterranean Oak Forests. Environmental Management [en línea], vol. 74, no. 4, pp. 684-698. ISSN 0364-152X. DOI 10.1007/s00267-024-02006-z. Disponible en: https://link.springer.com/10.1007/s00267-024-02006-z.

RAMIREZ-CABALLERO, S., 2022. Quema de una parcela y su efecto en la macrofauna del suelo en el centro poblado los Ángeles, distrito Mariano Dámaso Beraún - región Huanuco [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507.

RAMIREZ, D.W., LÉRTORA, G., VARGAS, R. y APONTE, H., 2022. Efecto de los incendios sobre la cobertura vegetal, almacenamiento de carbono y

biomasa vegetal en un humedal costero. Revista de Biología Tropical [en línea], vol. 70, no. 1, ISSN 2215-2075. DOI 10.15517/rev.biol.trop.v70i1.46084. Disponible en: https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/46084.

REÁTEGUI-LÓPEZ, G., 2013. Efecto de la tala y quema en los macroinvertebrados del suelo el Sector Supte San Jorge -Tingo María, Perú [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Agraria de la Selva. Disponible en: https://hdl.handle.net/20.500.14292/585.

RENČO, M., ADÁMEK, M., JÍLKOVÁ, V. y DEVETTER, M., 2022. Post-Fire Recovery of Soil Nematode Communities Depends on Fire Severity. Diversity [en línea], vol. 14, no. 12, pp. 1116. ISSN 1424-2818. DOI 10.3390/d14121116. Disponible en: https://www.mdpi.com/1424-2818/14/12/1116.

ROJAS-MARTÍNEZ, L.-E., MONTERO-OÑATE, M.-T. y ZEQUEIRA-CUERVO, Á.-A., 2016. Evaluación de la diversidad de macroinvertebrados edáficos en municipios del centro del Cesar (Chimichagua, Chiriguaná y La Jagua de Ibirico). Luna Azul [en línea], vol. 43, no. 1, pp. 203-228. ISSN 19092474. DOI 10.17151/luaz.2016.43.10. Disponible en: https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/3629.

RUIZ-DUARTE, J., 2015. Incendios de vegetación. [en línea]. Guadalajara: Disponible en: https://www.face2fire.com/wp-content/temario bomberos especifico/1-Incendios/M1-Incendios-v6-06-vegetacion.pdf.

RUIZ, N., LAVELLE, P. y JIMÉNEZ, J., 2008. Soil macrofauna field manual. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

SÁENZ, D.A., 2006. Efecto de un incendio forestal sobre grupos funcionales bacterianos edáficos en una plantación de Eucaliptus cinerea (Suesca Cundinamarca) [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8276/tesis258.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

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 de Madre de Dios [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/348/004-2-3-074.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SEMARNAT (SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES), 2000. Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. [en línea]. Mexico: Diario Oficial de la Federación. Disponible en: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=717582&fecha=31/12/2002#gsc.tab=0.

SENAMHI y ANA, 2010. Estudio Diagnóstico Hidrológico de la Cuenca Madre de Dios. [en línea]. Lima: Disponible en:

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/diagnostico_hidrologico_-madre_de_dios_0.pdf.

SERFOR (SERVICIO NACIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE), 2018. Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales. Ministerio de agricultura y riego [en línea]. Lima: Disponible en: https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf.

SHANNON, C.E. y WEAVER, W., 1949. The mathematical theory of communication. 1. Urbana, Illinois: The University of Illinois Press. ISBN 978-0252725487.

SOBRAL, M. y MAGRACH, A., 2019. Restaurando la funcionalidad de los ecosistemas: la importancia de las interacciones entre especies. Ecosistemas [en línea], vol. 28, no. 2, pp. 4-10. DOI 10.7818/ECOS.1737. Disponible en: https://revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/1737.

SPARKS, D.L., 1999. Soil physical chemistry. 2. Boca Raton: CRC Press. ISBN 0-87371-883-6.

TAPIA-CORAL, S., TEIXEIRA, A., VELÁSQUEZ, E. y WALDEZ, F., 2016. Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 260-267. DOI 10.24188/recia.v8.n0.2016.380. Disponible en: https://revistas.unisucre.edu.co/index.php/recia/article/view/380.

THOMPSON, H.M., LESSER, M.R., MYERS, L. y MIHUC, T.B., 2022. Insect Community Response Following Wildfire in an Eastern North American Pine Barrens. Forests [en línea], vol. 13, no. 1, pp. 66. ISSN 1999-4907. DOI 10.3390/f13010066. Disponible en: https://www.mdpi.com/1999-4907/13/1/66.

TORRES-CORONEL, J., 2025. Evaluación de la macrofauna edáfica en plantaciones de Pinus patula post incendio forestal en la comunidad de Lazcán - distrito Conchán - provincia Chota – Cajamarca [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Autónoma de Chota. Disponible en: https://repositorio.unach.edu.pe/server/api/core/bitstreams/edfc23ca-ae1e-4683-9a0e-7777fdd8d7da/content.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA), 2004. Method 9045D: Soil and Waste pH. [en línea]. Washington, D.C.: Disponible en: https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-9045d-soil-and-waste-ph.

VILLERS-RUIZ, L. y BLANCO-LÓPEZ, J., 2004. Incendios forestales en México. 1. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN 970-36.

WEIL, R.R. y BRADY, N., 2017. The Nature and Properties of Soils [en línea].

15. Columbus: Pearson. ISBN 978-0-13-325448-8. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/301200878_The_Nature_and_Properties_of_Soils_15th_edition.

YANG, X., LIU, R.-T., SHAO, M.-A., WEI, X.-R., LI, T.-C., CHEN, M.-Y., LI, Z.-Y., DAI, Y.-C. y GAN, M., 2022. Short-term effects of wildfire on soil arthropods in a semi-arid grassland on the Loess Plateau. Frontiers in Microbiology [en línea], vol. 13, ISSN 1664-302X. DOI 10.3389/fmicb.2022.989351. Disponible en: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmicb.2022.989351/full.

YANG, X., URBAN, M.C., SU, B., ZHONG, Z., WU, C. y CHEN, D., 2026. Wildfire risk for species under climate change. Nature Climate Change [en línea], vol. 16, no. 5, pp. 613-621. ISSN 1758-678X. DOI 10.1038/s41558-026-02600-5. Disponible en: https://www.nature.com/articles/s41558-026-02600-5.

ZAITSEV, A.S., GONGALSKY, K.B., PERSSON, T. y BENGTSSON, J., 2014. Connectivity of litter islands remaining after a fire and unburnt forest determines the recovery of soil fauna. Applied Soil Ecology [en línea], vol. 83, pp. 101-108. ISSN 0929-1393. DOI 10.1016/j.apsoil.2014.01.007. Disponible en: https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0929139314000249.

ZÁRATE-LÓPEZ, L.G., 2004. Estudio de las características físicas y geométricas de la llama en los incendios forestales [en línea]. S.l.: Universitat Politècnica de Catalunya. Disponible en: https://hdl.handle.net/10803/6436.

ZUBIETA, R., PRUDENCIO, F., YERSON, C., REUPO, J. y ALARCO, G., 2022. Incremento de la Frecuencia de los Incendios sobre la Cobertura Vegetal en el Perú: Contexto y Alternativas. [en línea]. Lima: Disponible en: https://sinia.minam.gob.pe/documentos/incremento-frecuencia-incendios-cobertura-vegetal-peru-contexto.

ZUMBADO-ARRIETA, M. y AZOFEIFA-JIMÉNEZ, D., 2018. Guía básica de entomología: Insectos de importancia agrícola. Programa nacional de Agricultura Orgánica (PNAO) [en línea]. Heredia, Costa Rica: Disponible en: http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

TITULO: Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia Tambopata - Madre de Dios.				
PROBLEMAS	**OBJETIVOS**	**HIPÓTESIS**	**VARIABLE/INDICADORES**	**METODOLOGIA**
Problema general ¿Cómo será la recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata –Madre de Dios, 2024? **Problemas específicos** **PE1.** ¿Cómo será la densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata? **PE2.** ¿Cómo será la diversidad de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo	**Objetivo General** Evaluar la recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios en la provincia de Tambopata – Madre de Dios, 2024. **Objetivos específicos** **OE1.** Cuantificar la densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata. **OE2.** Determinar la diversidad de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios	**Hipótesis General** La recolonización natural de macroinvertebrados edáficos presenta variaciones en función del tipo de cobertura de suelo durante los cinco meses posteriores a incendios forestales en la provincia de Tambopata - Madre de Dios, 2024. **Hipótesis específicas** **HE1.** La densidad y biomasa de macroinvertebrados edáficos presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal. **HE2.** La diversidad de macroinvertebrados edáficos presenta diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los	**<u>Variable independiente</u>** - Cobertura de suelo - Tiempo post-incendio **Dimensiones** ● Tipo de cobertura del suelo ● Meses de evaluación (5 meses) **Indicadores** ● Bosque secundario ● Pastizal ● Monocultivo ● Mes 1 ● Mes 2 ● Mes 3 ● Mes 4 ● Mes 5 **<u>Variable dependiente</u>** - Recolonización de macroinvertebrados - Características del suelo **Dimensiones** ● Densidad ● Biomasa ● Diversidad	**Enfoque** Cuantitativo **Diseño** No experimental y longitudinal **Nivel** Descriptivo-correlacional **Tipo** Básica **Métodos** Se empleó la metodología Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) para el muestreo de macroinvertebrados edáficos y la recolección de muestras de suelo. **Técnicas instrumentales de muestreo.** **De Recolección de datos** Se realizaron muestreos de suelo y macrofauna, para ello se utilizó un cilindro muestreador con un volumen conocido y un marco muestreador respectivamente. **De análisis** Las muestras de suelo y macrofauna fueron analizadas

(bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata? **PE3.** ¿Cómo será la riqueza de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata? **PE4.** ¿Cuáles serán las características físicas del suelo en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata? **PE5.** ¿Cuáles serán las características químicas	afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata. **OE3.** Estimar la riqueza de macroinvertebrados edáficos en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata. **OE4.** Evaluar las características físicas en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata. **OE5.** Evaluar las características químicas en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco	cinco meses posteriores al incendio forestal. **HE3.** La riqueza taxonómica de macroinvertebrados edáficos presenta diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal. **HE4.** Las características físicas del suelo presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal. **HE5.** Las características químicas del suelo presentan diferencias significativas entre los tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) durante los cinco meses posteriores al incendio forestal. **HE6.** Existe una relación significativa entre la diversidad de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas	• Riqueza • Características físicas • Características químicas **Indicadores** • Número de taxas • Biomasa • Índice de diversidad Shannon-Wiener • Textura • Densidad aparente • pH • Materia orgánica (MO) • Nitrógeno total • Fósforo disponible • Calcio intercambiable • Magnesio intercambiable • Potasio intercambiable • CICe • AL+H	en laboratorio, donde se evaluó la propiedades físicas y químicas según los métodos establecidos en la literatura. **Población:** La población estuvo constituida por los suelos afectados por incendios forestales a lo largo del eje carretero de la provincia de Tambopata, que incluye bosques secundarios, pastizales y monocultivo. **Muestra:** Se empleó un muestreo no probabilístico y por conveniencia, basado a criterio del investigador (Hernández-Sampieri y Mendoza-Torres 2018), seleccionando 40 parcelas que hayan sido afectadas por incendios en la temporada seca en Tambopata. Estas parcelas fueron incluidos bosques secundarios, pastizales y monocultivos de al menos una hectárea, accesibles y con autorización de sus propietarios. Asimismo, las parcelas seleccionadas correspondieron a áreas afectadas por incendios ocurridos en un mismo periodo, con el fin de garantizar la comparabilidad temporal de los resultados.

del suelo en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo) en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata? **PE6.** ¿Cuál será la relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características físicas y químicas en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata?	meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata. **OE6.** Evaluar la relación entre la diversidad de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas en sitios afectados por incendios ocurridos en el año 2024, durante cinco meses posteriores al evento en la provincia de Tambopata.	durante los cinco meses posteriores a los incendios ocurridos en el año 2024 en la provincia de Tambopata. **Justificación** Esta investigación proporcionará información valiosa sobre la recolonización de macroinvertebrados en tres tipos de cobertura de suelo (bosque secundario, pastizal y monocultivo), ya que estas áreas posiblemente serán utilizadas, es necesario realizar estudios del proceso de recuperación de estos organismos esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y en la restauración de la funcionalidad del suelo. La importancia de esta investigación se basa en dar a conocer cómo se recupera el suelo después de un incendio.		

Anexo 2. Solicitud de autorización para realizar el estudio

AUTORIZACIÓN DE INSTALACIONES Y SERVICIOS DEL LABORATORIO DE SUELOS – UNAMAD

Puerto Maldonado, 05 de enero del 2025.

Por medio de la presente, el que suscribe, **Joel Peña Valdeiglesias**, identificado con DNI N.º: **24991441**, encargado del Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios (UNAMAD) autoriza a las estudiantes: **Yudit Huayllasi Ylla** identificado(a) con DNI N.º **79544079** y **Betsy Paola Rodríguez Campos** identificado(a) con DNI N.º: **77133903** pertenecientes a la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para hacer uso de las instalaciones, equipos y servicios del laboratorio en el marco del desarrollo de su trabajo de investigación titulado: "Recolonización natural de macroinvertebrados en suelos afectados por incendios forestales – Provincia Tambopata, Madre de Dios."

La presente autorización comprende el acceso al laboratorio para la realización de análisis físico del suelo y evaluación de macroinvertebrados. Las estudiantes autorizadas se comprometen a seguir los protocolos de bioseguridad establecidos y hacer un uso responsable de los equipos.

Esta autorización tiene validez únicamente para el desarrollo del proyecto de tesis mencionado y durante el tiempo que dure su ejecución.

Sin otro particular, se extiende el presente documento para los fines correspondientes.



_____

Firma del responsable de Laboratorio de Suelos

RESOLUCIÓN GERENCIAL REGIONAL Nº 0722-2026-GOREMAD-GRFFS

Puerto Maldonado

VISTO:

El Informe Legal N°370-2026-GOREMAD-GRFFS-OAJ-DEGV de fecha 14 de mayo del 2026, Informe Técnico N°303-2026-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 29 de abril de 2026, FUT N°0014571 signándose el Expediente N°4481 de fecha 24 de abril de 2026, Carta N°3326-2025-GOREMAD-GRFFS de fecha 25 de septiembre de 2025, Informe Técnico N°115-2025-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 24 de septiembre de 2025, FUT N°0008021 signándose el Expediente N°10272 de fecha 18 de agosto de 2025, y demás antecedentes del presente expediente Administrativo y;

CONSIDERANDO:

Que, el **artículo 66° de la Constitución Política del Perú**, define que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación y que el Estado es soberano en su aprovechamiento, añadiendo en su **artículo 67°** que además determina la política nacional del ambiente y promueve el uso sostenible de sus recursos naturales

Que, la **Ley Nº26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales**, en concordancia con el artículo 85° de la Ley Nº28611, Ley General del Ambiente, dispone que los recursos naturales renovables o no renovables mantenidos en su fuente son patrimonio de la Nación y el Estado es soberano en su aprovechamiento y; que los derechos para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales se otorgan a los particulares mediante las modalidades que establecen las leyes especiales para cada recurso natural; es decir, el aprovechamiento de los recursos naturales se realiza únicamente a través de las modalidades y los procedimientos establecidos para cada caso;

Que, el **artículo 9° de la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales**, establece que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Promueve, asimismo, la información y el conocimiento de los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación (...).

Que, el **artículo 85° de la Ley N°28611, Ley General del Ambiente,** dispone que los recursos naturales renovables o no renovables mantenidos en su fuente son Patrimonio de la Nación y el Estado es Soberano en su aprovechamiento y; que los derechos para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales se otorgan a los particulares mediante las modalidades que establezcan las leyes especiales para cada recurso natural; es decir, el aprovechamiento de los recursos naturales se realiza únicamente a través de las modalidades y los procedimientos establecidos para cada caso.

Que, el artículo 2° de la **Ley N°27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales** establece que "Los Gobiernos Regionales emanan de la voluntad popular. Son personas jurídicas de derecho público, con autonomía política, económica y administrativa en asuntos de su competencia, constituyendo, para su administración económica y financiera, un Pliego Presupuestal".

Que, el **Artículo I° del título preliminar de la Ley Forestal y Fauna Silvestre N° 29763**, refiere que "toda persona tiene el derecho de acceder al uso aprovechamiento y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación de acuerdo a los procedimientos establecidos por la autoridad nacional y regional y a los instrumentos de planificación y gestión del territorio; además de participar en su gestión. Toda persona tiene el deber de contribuir con la conservación de este patrimonio y de sus componentes respetando la legislación aplicable".

Que, la **Ley N°29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre,** tiene por objeto establecer el marco legal para regular, promover y supervisar la actividad forestal y de fauna silvestre para lograr su finalidad, la cual es promover la conservación, la protección, el incremento y el uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre dentro del territorio nacional, integrando su manejo con el mantenimiento y mejora de los servicios de los ecosistemas forestales y otros ecosistemas de vegetación silvestre, en armonía con el interés social, económico y ambiental de la Nación; así mismo impulsar el desarrollo forestal, mejorar su competitividad, generar y acrecentar los recursos forestales y de fauna silvestre y su valor para la sociedad.

Esto es una copia autentica imprimible de un documento firmado digitalmente, puede verificar su autenticidad en: verificar.regionmadrededios.gob.pe

Que, el **artículo 137° de la precitada Ley**, declara de interés nacional realizar la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación;

Que, según lo dispuesto por el **artículo 140° del mismo cuerpo legal**, señala que; La autoridad regional forestal y de fauna silvestre otorga autorizaciones para extracción de recursos forestales y de fauna silvestre con fines de investigación científica, salvo cuando se trate de especies categorizadas como amenazadas, especies consideradas en los apéndices de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre -CITES o cuando la investigación científica involucre el acceso de los recursos genéticos, en cuyo caso las autorizaciones otorgadas por el SERFOR.

Asimismo, el **artículo 40[1] del Reglamento para la Gestión Forestal** refiere que "Los siguientes actos administrativos no constituyen títulos habilitantes: (...) **h.** Autorización de investigación de flora silvestre (...)"

Que, **el Decreto Supremo N°019-2015-MINAGRI[2]**, que aprueba el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, han regulado el procedimiento de otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de fauna silvestre, estableciendo para tal efecto los requisitos y consideraciones para su otorgamiento, de acuerdo a los lineamientos aprobados por el SERFOR, así como las obligaciones materia de cumplimiento por parte del titular de la autorización.

Que, en tal virtud, mediante **Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR-DE**, se aprobaron los "lineamientos para el otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de flora y fauna silvestre", que tiene como finalidad promover la generación de información científica que contribuya al conocimiento de la biodiversidad y sus componentes, su conservación, manejo y uso sostenible, para una mejor toma de decisiones. Además, en el numeral 5.3.2 indica que, la ARFFS conduce el procedimiento y, de ser el caso, otorga la autorización en los caos que la investigación implique la utilización de métodos directos e indirectos para especies no categorizadas como amenazadas, involucre especies no listadas en los Apéndices CITES, no implique el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, e implique solo el ámbito geográfico regional de la ARFFS;

En relación al presente trámite administrativo, se aprecia que con **FUT N°0008021 signándose el Expediente N°10272 de fecha 18 de agosto de 2025**, el administrado JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441, presentó a esta **Gerencia Regional Forestal y Fauna Silvestre de Madre de Dios**, en adelante **"GRFFS"**, solicitud de Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre, titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", los cuales se realizará en predios privados de la Provincia de Tambopata, por lo que, su pretensión se subsume en el procedimiento de **AUTORIZACION CON FINES DE INVESTIGACION DE FLORA O FAUNA SILVESTRE**, contemplado en el código: **PA16407444** del TUPA vigente y aplicable del GOREMAD[3]; siguiendo esa línea, queda claro que la ARFFS tiene la competencia de emitir pronunciamiento respecto a la evaluación y/o emisión del acto resolutivo en la que se apruebe la pretensión del administrado JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441, toda vez que la GRFFS goza de autonomía y competencia legal para la conducción de este proceso, siendo además que; lo peticionado por el recurrente, es un procedimiento administrativo que rige en el Texto Único de Procedimientos Administrativos del GOREMAD, contemplando requisitos indispensables para la continuación del trámite.

Que, con el fin de seguir con la evaluación, la Sub Gerencia de Gestión Forestal, mediante el **Informe Técnico N°115-2025-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 24 de septiembre de 2025**, realizó la evaluación a la solicitud de Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre, titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", peticionado por Joel Peña Valdeiglesias identificado con DNI N°24991441, señalando en el **numeral V** las siguientes **CONCLUSIONES:**

(...)

5.1. El Sr. **JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS**, identificado con DNI N°24991441, **NO HA CUMPLIDO** con presentar los requisitos según el Texto Único de Procedimiento Administrativo-TUPA,

[1] Actos administrativos que no constituyen títulos habilitantes.

[2] Artículo 134.-Autorización con fines de investigación de fauna silvestre: La investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país respecto a su patrimonio genético nativo. Dichas autorizaciones no requieren del pago de derecho de trámite. (...)

[3] Aprobado con **Ordenanza Regional N°011-2025-RMDD/CR**, publicado en El Peruano **en fecha 11 de octubre de 2025.**

Esto es una copia autentica imprimible de un documento firmado digitalmente, puede verificar su autenticidad en:

Vigente del Gobierno Regional de Madre de Dios Aprobado mediante Ordenanza Regional N°007-2022-RMDD/CR de fecha 15 de julio del 2022, como se detalla en el presente informe.

5.2. El Sr. **JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS**, identificado con DNI N°24991441, **NO HA CUMPLIDO** con presentar los requisitos, de acuerdo a los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", aprobado mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N°060-2016 SERFOR/DE, de fecha 01 de abril del 2016, el cual se detalla en el presente informe de evaluación. Cabe señalar que el numeral 7.2.2. del lineamiento refiere que "Otorgar un plazo de hasta diez días hábiles cuando de la evaluación se advierta la omisión de alguno de los requisitos, a efectos que el administrado subsane dichas observaciones, pudiendo declararse el abandono del procedimiento de no subsanar oportunamente lo requerido".

Recomendándose notificar con carta al Sr. Joel Peña Valdeigleias, otorgándole un plazo máximo de **DIEZ (10) DÍAS HABILES.**

En ese tenor, mediante la **Carta N°3326-2025-GOREMAD-GRFFS de fecha 25 de septiembre de 2025**, dirigida a **JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS** identificado con DNI N°24991441, a fin de ponerle de conocimiento el **Informe Técnico N°115-2025-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 24 de septiembre de 2025**, que contiene la evaluación de la solicitud de Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre, titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", la misma que presenta observaciones, **por lo que se le otorga el plazo de 10 días hábiles contados a partir de la notificación de la presente, siendo esto notificado en fecha 14 de abril de 2026,** conforme obra a folio 58. Por lo que, en esa línea estando dentro del plazo otorgado por la ARFFS-GRFFS, se tiene que, mediante el **FUT N°0014571 signándose el Expediente N°4481 de fecha 24 de abril de 2026**, el administrado JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441, presenta el levantamiento de observaciones al trámite administrativo primigenio (Exp. N°10272-2025).

Seguido a ello, se tiene el **Informe Técnico N°303-2026-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 29 de abril de 2026**, en donde la Sub Gerencia de Gestión Forestal realiza la evaluación a la subsanación de observaciones de la solicitud de Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS, presentando por el Investigador Principal JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441, señalando en el punto **V** las siguientes **CONCLUSIONES**:

(...)

5.1. El Sr. JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS, identificado con DNI N°24991441, HA CUMPLIDO con subsanar los requisitos según el Texto Único de Procedimiento Administrativo-TUPA Vigente del Gobierno Regional de Madre de Dios Aprobado mediante Ordenanza Regional N°007-2022-RMDD/CR de fecha 15 de julio del 2022, como se detalla en el presente informe.

5.2. El Sr. JOEL PENA VALDEIGLESIAS, identificado con DNI N°24991441, HA CUMPLIDO con subsanar los requisitos, de acuerdo a los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", aprobado mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N°060-2016 SERFOR/DE, de fecha 01 de abril del 2016, el cual se detalla en el presente informe de evaluación.

Asimismo, del mencionado Informe Técnico se desprende las recomendaciones del mismo en el apartado **VI "RECOMENDACIONES"**, los cuales señala lo siguiente:

6.1. Se recomienda **HABILITAR** la solicitud de Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA TAMBOPATA - MADRE DE DIOS" presentado por el Investigador Principal JOEL PENA VALDEIGLESIAS, identificado con DNI N°24991441, correspondiéndole el código de Autorización N°17-ARFFS-MAD/AUT-IFS-2026-001 previo al análisis legal correspondiente.

Esto es una copia autentica imprimible de un documento firmado digitalmente, puede verificar su autenticidad en:

Bajo lo expuesto, en atención al expediente analizado y la documentación presentada, así como de conformidad a lo señalado en el **Informe Técnico N°303-2026-GOREMAD-GRFFS/SGGF/KLSV de fecha 29 de abril de 2026**, la solicitud se encuentra conforme con el **TUPA vigente del Gobierno Regional de Madre de Dios,** así como con la **Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763**, con su **Reglamento para la Gestión Forestal** y con los lineamientos para el otorgamiento de autorizaciones con fines de investigación científica de flora y fauna silvestre que exige la Resolución de Dirección Ejecutiva N°060-2016-SERFOR/DE, **por lo tanto**, SE DEBE **AUTORIZAR** la Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS, a favor del Investigador Principal JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441.

Finalmente precisar que el SERFOR o la ARFFS, según corresponda, en el marco de la Ley N° 27444 y a través de los instrumentos normativos sobre la materia, realiza la fiscalización posterior de la documentación presentada y la información declarada en la solicitud para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica. Cuando se verifique que la información o documentación presentada es falsa o contraria a la normatividad vigente, se realizan las acciones correspondientes, de ser el caso, para declarar la nulidad de la autorización otorgada. Ello, sin perjucio de las responsabilidades de carácter administrativo, civil o penal que correspondan.

Que, en observancia del **principio de impulso de oficio**, el cual se encuentra previsto en el **numeral 1.3 del artículo IV del Título Preliminar del Texto Único Ordenado - TUO de la Ley Nº 27444**, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo Nº 004-2019-JUS; se desprende que las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias;

Aunado al expediente administrativo, se expide la presente al amparo del **literal 1.7 y 1.16 del artículo IV del Texto Único Ordenado de la Ley N°27444 "Ley de Procedimiento Administrativo General'**, **1.7) Principio de presunción de veracidad,** que establece "En la tramitación del procedimiento administrativo, se presume que los documentos y declaraciones formulados por los administrados en la forma prescrita por esta Ley, responden a la verdad de los hechos que ellos afirman. Esta presunción admite prueba en contrario"; por lo que ante determinadas situaciones, la autoridad se reserva el derecho de comprobar la veracidad de la información presentada, conforme al literal **1.16) Principio de privilegio de controles posteriores**, que establece "La tramitación de los procedimientos administrativos se sustentará en la aplicación de la fiscalización posterior; reservándose la autoridad administrativa, el derecho de comprobar la veracidad de la información presentada, el cumplimiento de la normatividad sustantiva y aplicar las sanciones pertinentes en caso que la información presentada no sea veraz";

Que, mediante **Ordenanza Regional N°027-2024-RMDD/CR de fecha 30 de enero del 2025,** aprobada en sesión extraordinaria del Consejo Regional el 25 de noviembre de 2024, se aprueba la modificación de la Estructura Orgánica y del Reglamento de Organización y Funciones del Gobierno Regional Madre de Dios (ROF - 2024), instrumento normativo de gestión que consta de II Títulos, IX Capítulos y 173 Artículos, más el Organigrama estructural, los cuales forman parte de la presente norma regional;

Que, mediante **Ordenanza Regional N°007-2022-RMDD/CR,** se aprueba el Texto Único de Procedimientos Administrativo (TUPA) de la Sede Central, Direcciones Regionales, Unidades Orgánicas Desconcentradas y demás dependencias del Gobierno Regional de Madre de Dios, (TUPA), modificado y actualizado mediante **Ordenanza Regional N°011-2025-RMDD/CR**, publicado **en fecha 11 de octubre de 2025**;

Que, mediante **RESOLUCIÓN EJECUTIVA REGIONAL N°127-2026-GOREMAD/GR, de fecha 07 de mayo de 2026,** se resolvió designar al Ingeniero CESAR ALEJANDRO HUISA LOPEZ, en el puesto y funciones del cargo de Gerente Regional Forestal y de Fauna Silvestre del Gobierno Regional de Madre de Dios.

Que, por las facultades conferidas, enmarcadas en el párrafo que antecede y las consideraciones expuestas en la presente Resolución;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: OTORGAR la Autorización con Fines de Investigación Científica de Fauna Silvestre titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", correspondiéndole el código de Autorización N°17-ARFFS-MAD/AUT-IFS-2026-001 a favor del Investigador Principal JOEL PEÑA

Esto es una copia autentica imprimible de un documento firmado digitalmente, puede verificar su autenticidad en: verificar.regionmadrededios.gob.pe

VALDEIGLESIAS identificado con DNI N°24991441; investigación que se realizará al interior de cuarenta **(40)** predios privados de la provincia de Tambopata, departamento de Madre de Dios, conforme al siguiente cuadro:

Cuadro N°01: Del investigador principal y coinvestigador.

NOMBRES Y APELLIDOS	FUNCIÓN	NACIONALIDAD	DNI N°
Joel Peña Valdeiglesias	Investigador Principal	Peruana	24991441
Yudit Huayllasi Ylla	Coinvestigador	Peruana	79544079
Betsy Paola Rodriguez Campos	Coinvestigador	Peruana	77133903

ARTICULO SEGUNDO: NOTIFICAR la presente al administrado **JOEL PEÑA VALDEIGLESIAS** identificado con **DNI N°24991441**, para los fines pertinentes.

ARTICULO TERCERO: REMITIR copia de la Resolución al Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre – OSINFOR, al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR para su registro, conocimiento y difusión, según corresponda.

ARTICULO CUARTO: DERIVAR una copia impresa y digital del informe final de la Investigación Científica de Fauna Silvestre titulado "RECOLONIZACIÓN NATURAL DE MACROINVERTEBRADOS EDÁFICOS EN SUELOS AFECTADOS POR INCENDIOS FORESTALES EN LA PROVINCIA DE TAMBOPATA – MADRE DE DIOS", para incluir al acervo documentario de Investigaciones Científicas del área de fauna silvestre de la GRFFS.

ARTICULO QUINTO: DERIVAR el expediente administrativo la Sub Gerencia de Gestión Forestal, previa notificación al administrado, para el **ARCHIVO y/o CUSTODIO del expediente en íntegro.**

ARTICULO SEXTO: PRECISAR que, el contenido de los documentos que sustentan la presente resolución, así como en la oportunidad en que se emitieron son de exclusiva responsabilidad de los que suscriben, los mismos que se encuentran en el marco del principio de presunción de veracidad y de buena fe procedimental; en tal sentido la presente resolución no convalida acciones que no se ciñan a la normativa vigente, ni constituyen autorización para realizar acciones que se encuentren restringidas o fuera del marco de la ley.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CUMPLASE.

DOCUMENTO FIRMADO DIGITALMENTE
Ing. Cesar Alejandro Huisa López
GERENTE REGIONAL FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE

Esto es una copia autentica imprimible de un documento firmado digitalmente, puede verificar su autenticidad en: verificar.regionmadrededios

FIRMA DIGITAL
Firmado digitalmente por: HUISA LOPEZ Cesar Alejandro FAU 20527143200 soft
Motivo: Soy el autor del

Anexo 3. Tablas y figuras complementarias de la investigación.

Tabla 3. Coordenadas UTM de las parcelas evaluadas.

Parcela	Sector	Distrito	Provincia	X	Y	Cobertura
P-1	Alegría	Las Piedras	Tambopata	487118	8662001	Pastizal
P-2	Alegría	Las Piedras	Tambopata	487072	8657874	Monocultivo
P-3	Monterrey	Las Piedras	Tambopata	486258	8650607	Pastizal
P-4	1 de mayo	Las Piedras	Tambopata	484109	8646183	Pastizal
P-5	Planchón	Las Piedras	Tambopata	483862	8644244	Pastizal
P-6	Planchón	Las Piedras	Tambopata	483925	8644024	Bosque secundario
P-7	Planchón	Las Piedras	Tambopata	482654	8641557	Bosque secundario
P-8	Planchón	Las Piedras	Tambopata	482062	8641205	Pastizal
P-9	Planchón	Las Piedras	Tambopata	481814	8640714	Pastizal
P-10	San Francisco de Asís	Las Piedras	Tambopata	481878	8638347	Pastizal
P-11	San Francisco de Asís	Las Piedras	Tambopata	482252	8638523	Bosque secundario
P-12	Sudadero	Las Piedras	Tambopata	483452	8633086	Pastizal
P-13	Sudadero	Las Piedras	Tambopata	482404	8632631	Bosque secundario
P-14	Sudadero	Las Piedras	Tambopata	482199	8632655	Bosque secundario
P-15	Sudadero	Las Piedras	Tambopata	481839	8632533	Bosque secundario
P-16	Sudadero	Las Piedras	Tambopata	481694	8632433	Bosque secundario
P-17	Los Ángeles	Las Piedras	Tambopata	487205	8633020	Pastizal
P-18	Loboyoc	Las Piedras	Tambopata	484796	8622455	bosque secundario
P-19	Madama	Las Piedras	Tambopata	487017	8614070	bosque secundario
P-20	Madama	Las Piedras	Tambopata	487171	8614193	Pastizal
P-21	CEDEGA	Tambopata	Tambopata	469975	8602139	Pastizal
P-22	CEDEGA	Tambopata	Tambopata	467288	8601302	Monocultivo
P-23	Fitzcarrald	Tambopata	Tambopata	462654	8599570	Bosque secundario
P-24	Fitzcarrald	Tambopata	Tambopata	462357	8599701	Bosque secundario
P-25	Fitzcarrald	Tambopata	Tambopata	461122	8598962	Bosque secundario
P-26	San Bernardo	Tambopata	Tambopata	459825	8598499	Bosque secundario
P-27	San Bernardo	Tambopata	Tambopata	457829	8597821	Pastizal
P-28	San Bernardo	Tambopata	Tambopata	457299	8597663	Pastizal
P-29	San Bernardo	Tambopata	Tambopata	456993	8596468	Pastizal
P-30	Las Mercedes	Tambopata	Tambopata	452047	8595747	Bosque secundario
P-31	Las Mercedes	Tambopata	Tambopata	451743	8595533	Monocultivo
P-32	Víctor Raúl	Tambopata	Tambopata	448924	8594667	Bosque secundario
P-33	Tahuantinsuyo	Tambopata	Tambopata	444190	8592442	Bosque secundario
P-34	Tahuantinsuyo	Tambopata	Tambopata	445149	8590426	Monocultivo
P-35	Laberinto	Tambopata	Tambopata	438015	8588617	Bosque secundario
P-36	Laberinto	Tambopata	Tambopata	434731	8586952	Pastizal
P-37	Florida Alta	Laberinto	Tambopata	433428	8586319	Bosque secundario
P-38	Florida Alta	Laberinto	Tambopata	433093	8586127	Pastizal
P-39	Florida Alta	Laberinto	Tambopata	428418	8582694	Bosque secundario
P-40	Vírgenes del Sol	Laberinto	Tambopata	428403	8582709	Pastizal

Tabla 4. Grupos taxonómicos y gremios tróficos de macroinvertebrados edáficos.

N°	Orden	Gremio trófico	Total	% del total
1	Hymenoptera	Depredador	3127	22,45 %
2	Coleoptera	Depredador	978	7,02 %
3	Araneae	Depredador	232	1,67 %
4	Geophilimorpha	Depredador	12	0,09 %
5	Scolopendromorpha	Depredador	9	0,07 %
6	Isoptera	Detritívoro	4749	34,1 %
7	Crassiclitellata	Detritívoro	2195	15,76 %
8	Polydesmida	Detritívoro	1152	8,27 %
9	Julida	Detritívoro	364	2,61 %
10	Isopoda	Detritívoro	158	1,14 %
11	Diptera	Detritívoro	107	0,77 %
12	Trichoptera	Detritívoro	3	0,02 %
13	Hemiptera	Macrofitófago	460	3,3 %
14	Stylommatophora	Macrofitófago	127	0,91 %
15	Lepidoptera	Macrofitófago	86	0,62 %
16	Orthoptera	Macrofitófago	67	0,48 %
17	Dermaptera	Omnívoro	51	0,37 %
18	Blattodea	Omnívoro	43	0,31 %
19	Gordioidea	Parásito	6	0,04 %
	Total		**13926**	**100,00 %**

Tabla 5. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de bosque secundario.

	Mes					Densidad (ind/m^2)
Orden	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**Total general**
Araneae	3	4	3	3	4	**17**
Blattodea	0	3	0	4	3	**10**
Coleoptera	4	5	5	6	4	**24**
Crassiclitellata	7	8	9	11	8	**43**
Dermaptera	0	0	0	3	3	**6**
Diptera	3	3	3	0	3	**12**
Gordioidea	0	0	0	3	0	**3**
Hemiptera	4	4	4	6	5	**23**
Hymenoptera	7	9	13	9	9	**47**
Isopoda	4	4	0	3	8	**19**
Isoptera	22	19	16	24	18	**99**
Julida	4	5	6	4	3	**22**
Lepidoptera	0	0	4	3	3	**10**
Orthoptera	3	3	3	3	4	**16**
Polydesmida	5	6	7	6	10	**34**
Scolopendromorpha	0	0	0	0	3	**3**
Stylommatophora	3	3	3	3	4	**16**
Trichoptera	0	3	0	0	0	**3**
Total general	**69**	**79**	**76**	**91**	**92**	**407**

Tabla 6. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de pastizal.

Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
	M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Araneae	4	0	3	3	6	**16**
Blattodea	0	0	0	3	3	**6**
Coleoptera	7	4	5	4	5	**25**
Crassiclitellata	11	12	11	8	10	**52**
Dermaptera	0	0	0	3	6	**9**
Diptera	3	3	4	14	4	**28**
Geophilimorpha	3	0	0	0	0	**3**
Gordioidea	0	0	0	0	3	**3**
Hemiptera	3	3	3	5	8	**22**
Hymenoptera	7	11	9	9	12	**48**
Isopoda	4	6	3	0	5	**18**
Isoptera	22	19	20	22	18	**101**
Julida	8	8	4	4	4	**28**
Lepidoptera	0	8	4	3	3	**18**
Orthoptera	0	0	3	4	3	**10**
Polydesmida	7	8	10	7	13	**45**
Scolopendromorpha	0	0	0	3	0	**3**
Stylommatophora	3	3	7	4	0	**17**
Total general	**82**	**85**	**86**	**96**	**103**	**452**

Tabla 7. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de monocultivo.

Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
	M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Araneae	4	3	0	3	3	**13**
Blattodea	5	3	3	3	3	**17**
Coleoptera	4	5	4	4	3	**20**
Crassiclitellata	14	5	12	18	8	**57**
Dermaptera	0	0	0	11	0	**11**
Diptera	3	0	0	0	13	**16**
Geophilimorpha	0	0	0	0	3	**3**
Hemiptera	3	3	3	3	3	**15**
Hymenoptera	8	8	9	4	5	**34**
Isopoda	6	16	0	3	0	**25**
Isoptera	14	17	34	18	12	**95**
Julida	4	3	10	0	0	**17**
Lepidoptera	0	0	3	0	0	**3**
Polydesmida	8	7	4	3	3	**25**
Stylommatophora	8	4	3	0	3	**18**
Total general	**81**	**74**	**85**	**70**	**59**	**369**

Tabla 8. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad I (hojarasca).

Cobertura	Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
		M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Bosque secundario	Araneae	4	3	3	3	4	17
Bosque secundario	Blattodea	0	0	0	5	3	8
Bosque secundario	Coleoptera	4	3	6	5	4	22
Bosque secundario	Crassiclitellata	5	13	0	0	5	23
Bosque secundario	Dermaptera	0	0	0	3	3	6
Bosque secundario	Diptera	0	3	0	0	3	6
Bosque secundario	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Hemiptera	3	5	4	8	5	25
Bosque secundario	Hymenoptera	8	11	25	12	7	63
Bosque secundario	Isopoda	3	0	0	0	11	14
Bosque secundario	Isoptera	19	27	0	4	5	55
Bosque secundario	Julida	0	5	5	8	3	21
Bosque secundario	Lepidoptera	0	0	4	3	3	10
Bosque secundario	Orthoptera	3	3	3	3	4	16
Bosque secundario	Polydesmida	3	7	11	8	5	34
Bosque secundario	Scolopendromorpha	0	0	0	0	3	3
Bosque secundario	Stylommatophora	0	3	3	3	3	12
Bosque secundario	Trichoptera	0	3	0	0	0	3
Pastizal	Araneae	4	0	3	3	4	14
Pastizal	Blattodea	0	0	0	0	3	3
Pastizal	Coleoptera	5	4	6	3	7	25
Pastizal	Crassiclitellata	0	0	0	0	3	3
Pastizal	Dermaptera	0	0	0	0	8	8
Pastizal	Diptera	5	0	0	3	5	13
Pastizal	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Hemiptera	3	3	0	5	8	19
Pastizal	Hymenoptera	8	12	11	11	11	53
Pastizal	Isopoda	0	3	0	0	5	8
Pastizal	Isoptera	0	3	0	3	9	15
Pastizal	Julida	0	8	3	4	3	18
Pastizal	Lepidoptera	0	0	4	3	3	10
Pastizal	Orthoptera	0	0	3	3	3	9
Pastizal	Polydesmida	5	0	16	4	6	31
Pastizal	Scolopendromorpha	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Stylommatophora	3	3	13	5	0	24
Pastizal	Trichoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Araneae	4	3	0	3	0	10
Monocultivo	Blattodea	0	0	3	3	3	9
Monocultivo	Coleoptera	3	0	0	3	3	9
Monocultivo	Crassiclitellata	0	0	14	0	3	17
Monocultivo	Dermaptera	0	0	0	11	0	11
Monocultivo	Diptera	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Geophilimorpha	0	0	0	0	3	3
Monocultivo	Hemiptera	0	0	3	3	3	9
Monocultivo	Hymenoptera	8	12	14	4	8	46
Monocultivo	Isopoda	8	19	0	3	0	30
Monocultivo	Isoptera	0	0	5	0	12	17
Monocultivo	Julida	5	3	13	0	0	21
Monocultivo	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Orthoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Polydesmida	13	3	3	0	0	19
Monocultivo	Scolopendromorpha	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Stylommatophora	0	4	0	0	3	7
Monocultivo	Trichoptera	0	0	0	0	0	0
Total general		**129**	**166**	**178**	**142**	**187**	**802**

Tabla 9. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad II (0 - 10 cm).

Cobertura	Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
		M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Bosque secundario	Araneae	3	4	3	4	4	18
Bosque secundario	Blattodea	0	3	0	3	0	6
Bosque secundario	Coleoptera	4	7	6	8	5	30
Bosque secundario	Crassiclitellata	9	11	12	22	13	67
Bosque secundario	Dermaptera	0	0	0	3	3	6
Bosque secundario	Diptera	3	0	3	0	3	9
Bosque secundario	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Hemiptera	4	3	3	5	3	18
Bosque secundario	Hymenoptera	7	11	7	6	15	46
Bosque secundario	Isopoda	8	0	0	3	3	14
Bosque secundario	Isoptera	32	41	21	37	18	149
Bosque secundario	Julida	3	11	13	3	0	30
Bosque secundario	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Orthoptera	0	0	0	3	3	6
Bosque secundario	Polydesmida	7	5	12	6	11	41
Bosque secundario	Scolopendromorpha	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Stylommatophora	3	0	3	3	5	14
Pastizal	Araneae	0	0	3	3	0	6
Pastizal	Blattodea	0	0	0	3	3	6
Pastizal	Coleoptera	9	3	6	5	4	27
Pastizal	Crassiclitellata	28	14	11	12	21	86
Pastizal	Dermaptera	0	0	0	3	3	6
Pastizal	Diptera	3	3	4	37	3	50
Pastizal	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Hemiptera	3	3	3	6	5	20
Pastizal	Hymenoptera	16	6	9	3	21	55
Pastizal	Isopoda	0	8	0	0	0	8
Pastizal	Isoptera	14	20	26	30	19	109
Pastizal	Julida	8	11	3	3	6	31
Pastizal	Lepidoptera	0	5	0	3	3	11
Pastizal	Orthoptera	0	0	0	5	0	5
Pastizal	Polydesmida	9	11	18	11	13	62
Pastizal	Scolopendromorpha	0	0	0	3	0	3
Pastizal	Stylommatophora	3	0	7	3	0	13
Monocultivo	Araneae	4	0	0	0	0	4
Monocultivo	Blattodea	0	3	0	0	0	3
Monocultivo	Coleoptera	6	8	6	8	3	31
Monocultivo	Crassiclitellata	13	7	11	27	13	71
Monocultivo	Dermaptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Diptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Geophilimorpha	0	0	0	0	3	3
Monocultivo	Hemiptera	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Hymenoptera	8	5	5	5	8	31
Monocultivo	Isopoda	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Isoptera	23	17	52	19	21	132
Monocultivo	Julida	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Orthoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Polydesmida	3	11	5	3	3	25
Monocultivo	Scolopendromorpha	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Stylommatophora	0	0	3	0	3	6
Total general		**242**	**231**	**255**	**298**	**241**	**1267**

Tabla 10. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad III (10 - 20 cm).

Cobertura	Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
		M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Bosque secundario	Araneae	3	11	0	3	3	20
Bosque secundario	Blattodea	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Coleoptera	6	6	4	3	4	23
Bosque secundario	Crassiclitellata	13	6	14	6	6	45
Bosque secundario	Dermaptera	0	0	0	0	3	3
Bosque secundario	Diptera	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Gordioidea	0	0	0	3	0	3
Bosque secundario	Hemiptera	5	0	0	3	3	11
Bosque secundario	Hymenoptera	4	9	5	4	5	27
Bosque secundario	Isopoda	3	4	0	0	0	7
Bosque secundario	Isoptera	18	15	12	16	26	87
Bosque secundario	Julida	4	3	3	3	3	16
Bosque secundario	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Orthoptera	0	0	3	0	0	3
Bosque secundario	Polydesmida	5	5	6	0	11	27
Bosque secundario	Stylommatophora	3	0	3	3	0	9
Pastizal	Araneae	0	0	0	4	11	15
Pastizal	Blattodea	0	0	0	3	0	3
Pastizal	Coleoptera	3	4	3	3	3	16
Pastizal	Crassiclitellata	14	16	6	8	6	50
Pastizal	Dermaptera	0	0	0	3	0	3
Pastizal	Diptera	3	0	0	3	0	6
Pastizal	Geophilimorpha	3	0	0	0	0	3
Pastizal	Gordioidea	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Hemiptera	0	3	3	3	3	12
Pastizal	Hymenoptera	4	5	4	7	9	29
Pastizal	Isopoda	5	5	3	0	0	13
Pastizal	Isoptera	25	23	8	20	22	98
Pastizal	Julida	0	8	6	0	3	17
Pastizal	Lepidoptera	0	11	0	3	0	14
Pastizal	Orthoptera	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Polydesmida	6	8	6	9	16	45
Pastizal	Stylommatophora	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Araneae	0	3	0	0	3	6
Monocultivo	Blattodea	5	0	0	0	0	5
Monocultivo	Coleoptera	3	3	3	3	5	17
Monocultivo	Crassiclitellata	0	3	5	11	10	29
Monocultivo	Dermaptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Diptera	0	0	0	0	13	13
Monocultivo	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Gordioidea	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Hemiptera	0	3	0	0	0	3
Monocultivo	Hymenoptera	3	0	4	5	4	16
Monocultivo	Isopoda	0	21	0	0	0	21
Monocultivo	Isoptera	10	0	107	16	10	143
Monocultivo	Julida	5	0	8	0	0	13
Monocultivo	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Orthoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Polydesmida	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Stylommatophora	8	0	0	0	0	8
Total general		**167**	**175**	**216**	**145**	**182**	**885**

Tabla 11. Densidad promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la profundidad IV (20 - 30 cm).

Cobertura	Orden	Mes					Densidad (ind/m^2)
		M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Bosque secundario	Araneae	0	3	5	3	0	11
Bosque secundario	Coleoptera	5	3	3	3	0	14
Bosque secundario	Crassiclitellata	6	5	6	4	8	29
Bosque secundario	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Gordioidea	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Hemiptera	0	3	4	3	0	10
Bosque secundario	Hymenoptera	3	10	4	15	6	38
Bosque secundario	Isopoda	0	0	0	0	0	0
Bosque secundario	Isoptera	16	6	7	10	0	39
Bosque secundario	Julida	0	0	0	0	3	3
Bosque secundario	Lepidoptera	0	0	0	3	0	3
Bosque secundario	Polydesmida	3	0	4	3	11	21
Bosque secundario	Stylommatophora	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Araneae	0	0	3	0	0	3
Pastizal	Coleoptera	5	4	3	3	4	19
Pastizal	Crassiclitellata	6	6	0	4	3	19
Pastizal	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Gordioidea	0	0	0	0	3	3
Pastizal	Hemiptera	0	0	0	0	0	0
Pastizal	Hymenoptera	4	5	8	3	0	20
Pastizal	Isopoda	3	3	0	0	0	6
Pastizal	Isoptera	72	8	3	12	3	98
Pastizal	Julida	0	6	3	5	0	14
Pastizal	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0.
Pastizal	Polydesmida	3	3	3	5	4	18
Pastizal	Stylommatophora	3	0	0	0	0	3
Monocultivo	Araneae	0	0	3	0	0	3
Monocultivo	Coleoptera	5	4	3	3	4	19
Monocultivo	Crassiclitellata	6	6	0	4	3	19
Monocultivo	Geophilimorpha	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Gordioidea	0	0	0	0	3	3
Monocultivo	Hemiptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Hymenoptera	4	5	8	3	0	20
Monocultivo	Isopoda	3	3	0	0	0	6
Monocultivo	Isoptera	72	8	3	12	3	98
Monocultivo	Julida	0	6	3	5	0	14
Monocultivo	Lepidoptera	0	0	0	0	0	0
Monocultivo	Polydesmida	3	3	3	5	4	18
Monocultivo	Stylommatophora	3	0	0	0	0	3
Total general		**225**	**100**	**79**	**108**	**62**	**574**

Tabla 12. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de bosque secundario.

Orden	Mes					Biomasa (g/m^2)
	M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Araneae	0,218	0,097	0,017	0,108	0,172	**0,612**
Blattodea	0,000	0,005	0,000	0,116	0,670	**0,791**
Coleoptera	0,185	0,678	0,072	0,151	0,094	**1,180**
Crassiclitellata	1,042	0,731	1,673	1,837	1,985	**7,268**
Dermaptera	0,000	0,000	0,000	0,069	0,035	**0,104**
Diptera	0,038	0,022	0,010	0,000	0,022	**0,092**
Gordioidea	0,000	0,000	0,000	0,015	0,000	**0,015**
Hemiptera	0,156	0,207	0,134	0,580	0,118	**1,195**
Hymenoptera	0,108	0,133	0,179	0,085	0,068	**0,573**
Isopoda	0,061	0,035	0,000	0,060	0,292	**0,448**
Isoptera	0,155	0,048	0,068	0,044	0,468	**0,783**
Julida	1,117	2,266	0,995	0,849	0,147	**5,374**
Lepidoptera	0,000	0,000	0,699	0,182	0,101	**0,982**
Orthoptera	0,006	0,689	0,408	0,021	0,608	**1,732**
Polydesmida	0,239	1,792	0,661	0,547	0,513	**3,752**
Scolopendromorpha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,140	**0,140**
Stylommatophora	0,081	0,046	0,052	0,110	0,044	**0,333**
Trichoptera	0,000	0,251	0,000	0,000	0,000	**0,251**
Total general	**3,406**	**7,000**	**4,968**	**4,774**	**5,477**	**25,625**

Tabla 13. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos en la cobertura de pastizal.

Orden	Mes					Biomasa (g/m^2)
	M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Araneae	0,019	0,000	0,030	0,090	0,099	**0,238**
Blattodea	0,000	0,000	0,000	0,169	0,905	**1,074**
Coleoptera	0,156	0,086	0,071	0,228	0,179	**0,720**
Crassiclitellata	1,338	2,693	1,259	0,909	2,488	**8,687**
Dermaptera	0,000	0,000	0,000	0,020	0,156	**0,176**
Diptera	0,120	0,036	0,059	0,091	0,270	**0,576**
Geophilimorpha	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	**0,020**
Gordioidea	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	**0,018**
Hemiptera	0,076	0,063	0,061	0,243	0,214	**0,657**
Hymenoptera	0,061	0,167	0,070	0,100	0,112	**0,510**
Isopoda	0,026	0,071	0,001	0,000	0,015	**0,113**
Isoptera	0,047	0,055	0,033	0,133	0,019	**0,287**
Julida	3,383	1,122	0,403	1,080	0,218	**6,206**
Lepidoptera	0,000	0,883	0,092	0,363	0,206	**1,544**
Orthoptera	0,000	0,000	0,098	0,164	0,951	**1,213**
Polydesmida	2,459	0,117	0,865	0,725	0,369	**4,535**
Scolopendromorpha	0,000	0,000	0,000	0,049	0,000	**0,049**
Stylommatophora	0,031	0,127	0,672	0,157	0,000	**0,987**
Total general	**7,736**	**5,420**	**3,714**	**4,521**	**6,219**	**27,610**

Tabla 14. Biomasa promedio de macroinvertebrados edáficos por mes en la cobertura monocultivo.

Orden	Mes					Biomasa (g/m^2)
	M1	M2	M3	M4	M5	Total general
Araneae	0,100	0,131	0,000	0,438	0,084	**0,753**
Blattodea	0,451	0,204	0,140	0,196	0,084	**1,075**
Coleoptera	0,279	0,057	0,043	0,104	0,045	**0,528**
Crassiclitellata	1,416	3,272	3,806	4,289	1,543	**14,326**
Dermaptera	0,000	0,000	0,000	0,066	0,000	**0,066**
Diptera	0,033	0,000	0,000	0,000	0,038	**0,071**
Geophilimorpha	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	**0,021**
Hemiptera	0,086	0,150	0,058	0,132	0,102	**0,528**
Hymenoptera	0,133	0,105	0,050	0,055	0,044	**0,387**
Isopoda	0,088	0,425	0,000	0,002	0,000	**0,515**
Isoptera	0,067	0,023	0,081	0,134	2,027	**2,332**
Julida	2,416	1,554	3,516	0,000	0,000	**7,486**
Lepidoptera	0,000	0,000	0,468	0,000	0,000	**0,468**
Polydesmida	3,458	1,316	0,742	0,339	0,020	**5,875**
Stylommatophora	0,490	0,273	0,032	0,000	0,060	**0,855**
Total general	**9,017**	**7,510**	**8,936**	**5,755**	**4,068**	**35,286**

Tabla 15. Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada a las variables fisicoquímicas del suelo y a los índices de diversidad de macroinvertebrados.

Variable	Shapiro-Wilk	p_value	Normalidad
pH	0,9838	0,0211	No normal
MO	0,9485	$1{,}373\times10^{-6}$	No normal
N	0,8688	$3{,}899\times10^{-12}$	No normal
P	0,6450	$< 2{,}2\times10^{-16}$	No normal
Ca^2	0,9077	$8{,}004\times10^{-10}$	No normal
Mg^2	0,9731	0,0006864	No normal
K^+	0,8814	$1{,}912\times10^{-11}$	No normal
CICe	0,9783	0,00344	No normal
AL+H	0,9203	$6{,}117\times10^{-9}$	No normal
Arena	0,9768	0,002162	No normal
Arcilla	0,9759	0,001598	No normal
Limo	0,9680	0,0001626	No normal
Densidad aparente	0,9661	$9{,}714\times10^{-5}$	No normal
Shannon	0,9465	$8{,}956\times10^{-7}$	No normal

Nota: $p < 0.05$ indica que los datos no presentan distribución normal.

Tabla 16. Correlación entre el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H', ln) y las propiedades físicas y químicas de suelo**.**

Variable edáfica	ρ de Spearman	p-valor
pH	0,131	0,064
MO	0,044	0,539
N	0,190	0,007
P	-0,013	0,853
Ca^{2+}	0,101	0,157
Mg^{2+}	0,110	0,121
K^{+}	0,036	0,615
CICe	0,080	0,263
Al+H	-0,071	0,320
Arena	-0,006	0,930
Arcilla	0,005	0,948
Limo	0,035	0,626
Densidad aparente	0,006	0,931

Nota: $p < 0.05$ indica una correlación estadísticamente significativa entre las variables evaluadas. Los valores positivos de ρ indican una relación directa, mientras que los valores negativos indican una relación inversa.

Tabla 17. Características físicas y químicas del suelo por parcela.

N°	Parcela	Mes	COBERTURA	pH	MO	N	P	Ca^2	Mg^2	K	ClCe	AL+H	Arena	Arcilla	Limo	Densidad
1	P1	M1	Pastizal	6.07	5.57	4.04	11.57	2.04	0.78	0.28	3.08	0	83.56	4.17	12.27	1.87
2	P1	M2	Pastizal	6.1	1.45	0.89	11.75	1.44	0.94	0.76	3.15	0	80.90	4.17	14.93	1.38
3	P1	M3	Pastizal	6.33	2.33	1.12	10.86	2.64	0.88	0.23	3.79	0	83.34	5.73	10.93	1.13
4	P1	M4	Pastizal	5.5	2.94	1.44	32.76	1.54	0.37	0.14	2.48	20.94	82.86	9.97	7.17	1.35
5	P1	M5	Pastizal	5.7	6.58	3.35	5.16	1.34	0.26	0.19	2.14	14.94	70.23	17.80	11.97	1.02
6	P2	M1	Monocultivo	6.8	3.14	2.96	12.39	5.83	1.37	0.72	7.98	0	77.57	8.83	13.60	2.18
7	P2	M2	Monocultivo	6.6	1.49	0.95	17.5	2.04	0.99	0.38	3.43	0	78.23	4.17	17.60	1.87
8	P2	M3	Monocultivo	5.47	3.84	2.03	9.4	1.28	0.5	0.2	2.22	12.67	84.00	5.73	10.27	1.18
9	P2	M4	Monocultivo	5.93	7.06	3.72	10.68	1.65	0.63	0.18	2.5	0	84.20	5.30	10.50	1.27
10	P2	M5	Monocultivo	6.5	5.06	2.45	9.72	3.94	0.64	0.18	4.79	0	76.23	7.80	15.97	0.96
11	P3	M1	Pastizal	5.57	2.33	2.53	15.48	1.97	0.85	0.38	3.24	5.64	84.90	5.50	9.60	1.79
12	P3	M2	Pastizal	4.9	3.34	1.76	12.26	0.41	0.48	0.3	1.38	27.41	84.90	5.50	9.60	1.59
13	P3	M3	Pastizal	5.93	2.97	1.44	9.86	1.7	0.85	0.18	2.78	0	84.00	9.73	6.27	1.21
14	P3	M4	Pastizal	5.6	4.44	2.13	10.63	0.92	0.49	0.13	1.62	2.95	86.20	5.30	8.50	1.24
15	P3	M5	Pastizal	5.7	4.07	1.95	6.5	1.47	0.53	0.24	2.4	5.41	80.24	11.13	8.63	0.97
16	P4	M1	Pastizal	4.57	3.37	2.95	6.66	0.99	0.26	0.18	3.07	53.12	62.90	20.83	16.27	1.99
17	P4	M2	Pastizal	4.9	1.49	0.91	6.43	0.48	0.56	0.28	2.68	52.99	64.90	18.17	16.93	2.17
18	P4	M3	Pastizal	4.8	3.21	1.62	6.99	1.25	0.47	0.17	3.46	41.67	62.00	21.73	16.27	1.23
19	P4	M4	Pastizal	4.97	3.32	1.79	7.74	1.43	0.43	0.15	2.89	28.67	68.87	16.63	14.50	1.26
20	P4	M5	Pastizal	5.17	7.75	3.91	15.78	1.43	0.55	0.18	3.57	35.09	58.23	24.47	17.30	1.32
21	P5	M1	Pastizal	5.47	5.03	2.82	8.94	4.85	0.89	0.47	6.31	1.31	60.90	22.17	16.93	1.50
22	P5	M2	Pastizal	5.77	2.41	1.35	11.41	2.52	1.55	0.82	5	3.75	66.90	14.83	18.27	1.40
23	P5	M3	Pastizal	5.57	3.3	1.85	6.91	4.21	1.18	0.6	6.13	1.78	58.00	24.40	17.60	1.05
24	P5	M4	Pastizal	5.53	7	3.68	7.28	3.32	0.96	0.4	5.05	7.7	64.20	19.97	15.83	1.14
25	P5	M5	Pastizal	5.97	4.89	2.59	10.14	4.1	1.28	0.57	6	0	66.23	16.47	17.30	1.12
26	P6	M1	Bosque secundario	4.47	9.18	4.88	8.33	2.47	1.14	0.27	4.75	21.37	63.57	21.50	14.93	1.36
27	P6	M2	Bosque secundario	5.47	2.36	1.29	15.8	1.71	1.15	0.4	3.8	18.56	63.57	16.83	19.60	1.71
28	P6	M3	Bosque secundario	5.47	2.85	1.68	15.91	2.77	0.92	0.44	5.02	19.72	57.33	26.40	16.27	1.10
29	P6	M4	Bosque secundario	5.13	5.37	2.63	6.82	2.46	0.77	0.22	3.97	12.85	63.54	22.63	13.83	1.17
30	P6	M5	Bosque secundario	5.37	2.92	2.78	3.39	1.96	0.86	0.32	4.15	23.33	56.23	27.80	15.97	1.25
31	P7	M1	Bosque secundario	5.4	1.43	1.73	9.56	3.73	1.13	0.37	5.36	3.52	72.90	11.50	15.60	1.52
32	P7	M2	Bosque secundario	4.9	1.57	0.99	7.17	0.88	0.7	0.24	2.95	44.01	67.57	15.50	16.93	1.51
33	P7	M3	Bosque secundario	4.93	1.58	1.35	5.71	1.93	0.66	0.2	3.36	15.13	68.00	17.73	14.27	1.34
34	P7	M4	Bosque secundario	5.73	3.67	1.91	9.19	5.48	0.87	0.24	6.66	0.77	70.20	13.97	15.83	1.17
35	P7	M5	Bosque secundario	6.23	1.79	2.96	11.48	4.92	1.02	0.38	6.36	0	67.441	15.93	16.63	1.27
36	P8	M1	Pastizal	5.53	2.54	2.55	7.63	3.56	1.14	0.45	5.25	1.58	67.57	18.83	13.60	1.56
37	P8	M2	Pastizal	5.2	2.04	3.6	8.67	0.95	0.92	0.39	3.28	33.85	66.20	14.20	19.60	1.40
38	P8	M3	Pastizal	5.4	1.47	1.33	6.8	2.33	0.85	0.25	3.69	6.4	66.67	17.73	15.60	1.39
39	P8	M4	Pastizal	5.03	3.43	1.8	6.09	1.59	0.55	0.23	3.07	20.63	70.87	20.63	8.50	1.28
40	P8	M5	Pastizal	5.43	2.3	3.34	2.61	2.47	1.15	0.36	4.6	18.55	65.17	14.20	20.63	0.77
41	P9	M1	Pastizal	5.9	2.66	2.58	11.93	3.75	0.96	0.39	5.14	0	70.24	10.83	18.93	1.85
42	P9	M2	Pastizal	5.67	0.39	7.6	13.92	1.65	1.1	0.46	3.52	12.77	66.20	15.53	18.27	1.25
43	P9	M3	Pastizal	5.53	1.57	1.52	16.71	6.56	0.92	0.66	9.03	19.15	62.00	21.07	16.93	1.20

44	P9	M4	Pastizal	5.57	3.28	1.71	6.72	3.19	1.13	0.39	5.26	9.57	61.53	19.30	19.17	1.18
45	P9	M5	Pastizal	5.8	2.7	3.08	8.38	2.54	0.71	0.31	3.89	8.3	61.84	19.53	18.63	0.84
46	P10	M1	Pastizal	5.2	2.31	2.06	10.02	2.33	0.77	0.5	4.04	17.93	61.56	20.17	18.27	1.79
47	P10	M2	Pastizal	5.47	2.29	1.35	8.39	1.22	1	0.67	3.59	25.2	64.87	16.20	18.93	1.40
48	P10	M3	Pastizal	5.27	5.78	3.03	11.01	2.57	0.62	0.21	4.35	24.18	54.67	22.40	22.93	1.23
49	P10	M4	Pastizal	5.3	4.58	2.56	6.25	2.46	0.9	0.56	4.4	11.32	69.53	15.30	15.17	1.08
50	P10	M5	Pastizal	5.7	6.54	3.42	6.48	3.1	0.93	0.38	4.88	13.15	66.50	11.53	21.97	1.01
51	P11	M1	Bosque secundario	5.5	4.49	2.18	16.18	3.68	0.94	0.49	5.61	12.24	64.23	19.50	16.27	1.65
52	P11	M2	Bosque secundario	5.43	2	1.19	11.42	2.7	1.39	1.1	6.5	24.97	62.20	20.87	16.93	1.68
53	P11	M3	Bosque secundario	5.9	6.26	3.44	23.26	4.97	1.25	0.39	7.11	10.73	64.00	19.73	16.27	1.16
54	P11	M4	Bosque secundario	5.77	1.63	1.73	23.63	3.64	1.04	0.48	5.73	13.9	66.20	19.97	13.83	1.23
55	P11	M5	Bosque secundario	5.17	4.03	1.97	5.91	3.2	0.86	0.29	5.43	23.01	59.16	24.87	15.97	1.14
56	P12	M1	Pastizal	5.13	2.93	1.47	14.78	1.89	0.59	0.38	3.51	21.82	66.23	12.17	21.60	1.68
57	P12	M2	Pastizal	5.13	3.8	1.92	15.85	1.74	0.98	0.86	4.97	29.1	64.86	12.87	22.27	1.65
58	P12	M3	Pastizal	5.03	5.56	2.73	11.29	1.11	0.48	0.29	3.1	38.29	59.33	17.07	23.60	1.13
59	P12	M4	Pastizal	4.97	1.97	1.85	10.74	1.13	0.52	0.29	3.19	39.15	66.86	17.97	15.17	1.17
60	P12	M5	Pastizal	5.33	4.15	2.16	24.13	2.08	0.79	0.38	4.51	33.39	63.17	16.20	20.63	1.11
61	P13	M1	Bosque secundario	5.23	2.19	1.18	35.31	2.8	0.85	0.52	5.08	22.98	64.24	16.83	18.93	1.67
62	P13	M2	Bosque secundario	4.63	3.4	1.85	15.57	1.24	0.7	0.57	4.28	38.66	66.20	15.53	18.27	1.57
63	P13	M3	Bosque secundario	5.07	5.57	2.83	32.42	2.31	0.75	0.54	5.17	35.26	65.34	15.73	18.93	1.09
64	P13	M4	Bosque secundario	5	2.22	2.02	43.04	2.34	0.87	0.94	5.06	21.47	64.87	17.30	17.83	1.08
65	P13	M5	Bosque secundario	5.3	4.63	2.5	55.54	2.37	0.62	0.76	4.38	16.14	70.50	10.87	18.63	0.99
66	P14	M1	Bosque secundario	4.5	3.97	2.13	8.29	1.74	0.47	0.24	3.97	43.94	70.90	17.50	11.60	1.64
67	P14	M2	Bosque secundario	5.03	2.45	1.28	14.59	1.87	1.08	0.64	5.06	31.69	70.87	15.53	13.60	1.55
68	P14	M3	Bosque secundario	4.67	4.76	2.41	10.99	2.02	0.66	0.34	4.4	33	65.33	16.40	18.27	1.26
69	P14	M4	Bosque secundario	4.7	3.8	2.05	10.55	1.58	0.68	0.36	4.15	40.31	69.80	13.83	16.37	1.19
70	P14	M5	Bosque secundario	5.7	3.52	1.71	32.84	1.71	0.53	0.14	2.71	13.99	82.50	6.20	11.30	1.18
71	P15	M1	Bosque secundario	4.87	1.64	0.87	30.19	1.46	0.44	0.23	2.64	25.38	78.90	10.17	10.93	1.74
72	P15	M2	Bosque secundario	5.9	3.66	1.97	68.34	2.98	1.14	0.56	4.78	1.81	84.20	9.53	6.27	2.07
73	P15	M3	Bosque secundario	5.37	5.39	2.88	34.56	1.76	0.52	0.22	3	19.86	78.67	9.73	11.60	1.25
74	P15	M4	Bosque secundario	5.87	2.91	1.61	56.96	2.15	0.95	0.16	3.38	2.87	86.27	7.10	6.63	1.23
75	P15	M5	Bosque secundario	5.3	6.68	3.38	34.89	1.62	0.43	0.17	2.71	21.66	81.16	8.87	9.97	1.22
76	P16	M1	Bosque secundario	4.93	2.92	1.49	13.43	1.84	0.43	0.16	2.91	22.52	83.57	8.83	7.60	1.72
77	P16	M2	Bosque secundario	5.5	4.17	2.19	17.15	3.47	1.03	0.46	5.26	7.84	84.87	9.53	5.60	1.66
78	P16	M3	Bosque secundario	5.2	2.73	1.43	11.14	2.26	0.69	0.19	3.51	13.17	82.66	7.07	10.27	1.28
79	P16	M4	Bosque secundario	5	4.3	2.1	23.29	1.82	0.66	0.15	3.09	21.22	70.26	15.77	13.97	1.32
80	P16	M5	Bosque secundario	5	5.92	3.15	4.92	1	0.27	0.1	2.28	41.43	82.50	8.20	9.30	1.21
81	P17	M1	Pastizal	5.17	3.33	1.75	17.8	2.78	0.5	0.27	3.77	8.97	86.24	8.83	4.93	1.71
82	P17	M2	Pastizal	5.03	3	1.63	8.18	2.35	0.76	0.34	3.74	7.45	84.20	8.20	7.60	1.91
83	P17	M3	Pastizal	5.7	4.34	2.19	15.27	3.47	0.73	0.18	4.62	8.79	83.33	7.07	9.60	1.32
84	P17	M4	Pastizal	5.07	4.63	2.42	11.86	2.46	0.59	0.22	3.79	24.82	84.26	9.77	5.97	1.22
85	P17	M5	Pastizal	4.73	3.59	1.79	6.22	1.08	0.25	0.11	2.4	39.57	83.17	6.20	10.63	1.24
86	P18	M1	Bosque secundario	5.23	1.79	0.88	17.7	3.54	0.91	0.51	5.73	16.12	64.23	16.17	19.60	1.89
87	P18	M2	Bosque secundario	4.67	4.52	2.55	14.2	2.76	1.2	0.62	5.64	18.48	50.87	23.53	25.60	1.66
88	P18	M3	Bosque secundario	5.37	3.41	1.68	11.94	1.56	0.59	0.46	3.47	27.75	63.33	17.07	19.60	1.13
89	P18	M4	Bosque secundario	5.5	6.91	3.75	15.83	3	0.66	0.33	4.52	18.12	84.26	7.77	7.97	1.24

90	P18	M5	Bosque secundario	5.87	3.74	1.91	8.67	2.77	1.04	0.18	4.02	0	77.83	6.87	15.30	1.16
91	P19	M1	Bosque secundario	5.2	2.44	1.59	21.22	2.55	0.85	0.57	4.1	4.05	73.56	8.17	18.27	1.66
92	P19	M2	Bosque secundario	4.7	4.74	2.45	5.75	2.01	0.7	0.56	4.44	24.83	68.86	16.87	14.27	1.59
93	P19	M3	Bosque secundario	4.57	3.28	1.64	8.54	0.9	0.47	0.22	3.79	54.61	28.67	23.73	47.60	1.33
94	P19	M4	Bosque secundario	5.77	4.97	2.54	13.36	2.97	0.76	0.26	4.04	0	51.60	13.10	35.30	1.38
95	P19	M5	Bosque secundario	4.6	4.73	2.3	8.1	0.75	0.36	0.16	4.35	69.77	27.84	19.53	52.63	1.10
96	P20	M1	Pastizal	4.57	2.14	2.2	14.88	1.62	0.71	0.35	4.14	38.55	34.90	19.50	45.60	1.50
97	P20	M2	Pastizal	6.13	4.09	1.97	39.42	3.45	1.32	0.59	5.47	1.61	78.20	8.87	12.93	1.91
98	P20	M3	Pastizal	6.3	5.19	2.72	8.86	3.27	0.52	0.18	4.02	0	58.00	8.40	33.60	1.29
99	P20	M4	Pastizal	5.07	5.11	2.44	9.64	1.33	0.37	0.19	2.89	25.39	28.94	22.43	48.63	1.29
100	P20	M5	Pastizal	6.23	3.5	1.72	11.93	2.36	0.47	0.16	3.02	0	58.50	6.87	34.63	1.10
101	P21	M1	Pastizal	5.17	2.2	2.12	6.27	2.33	0.96	0.31	3.8	5.05	61.56	12.17	26.27	1.52
102	P21	M2	Pastizal	4.93	1.8	0.9	7.69	1.41	0.6	0.32	3.29	27.71	51.53	20.87	27.60	1.61
103	P21	M3	Pastizal	4.77	5.33	2.82	13.29	1.51	0.77	0.32	3.91	30.73	54.26	21.77	23.97	1.19
104	P21	M4	Pastizal	5.03	7.12	3.73	5.43	1.36	0.84	0.49	3.67	25.42	52.94	26.43	20.63	1.04
105	P21	M5	Pastizal	5.07	6.83	3.53	3.62	1.6	0.97	0.13	3.69	27.44	48.50	18.57	32.93	1.14
106	P22	M1	Monocultivo	5.13	3.23	1.8	14.16	2.34	1.34	0.87	4.7	2.99	52.23	13.50	34.27	1.56
107	P22	M2	Monocultivo	5.23	2.83	1.55	17.9	1.82	1.14	1.04	4.29	20.46	50.20	20.87	28.93	1.64
108	P22	M3	Monocultivo	5.43	6.63	3.25	11.56	1.76	1.29	0.66	3.88	4.13	46.26	17.77	35.97	1.19
109	P22	M4	Monocultivo	6	3.87	1.92	9.66	1.48	1.05	0.95	3.53	0	46.94	20.43	32.63	1.08
110	P22	M5	Monocultivo	5.93	4.29	2.21	134.98	5.2	1.18	0.25	6.67	0	47.83	15.30	36.87	1.09
111	P23	M1	Pastizal	4.43	1.88	7.06	20.28	1.2	0.49	0.6	3.34	32.72	60.90	14.83	24.27	1.34
112	P23	M2	Pastizal	4.13	2.46	1.39	14.8	1.68	0.54	0.27	4.79	46.42	62.87	20.20	16.93	1.36
113	P23	M3	Pastizal	4.23	3.59	1.9	14.47	0.84	0.35	0.25	3.08	50.87	60.26	15.77	23.97	0.90
114	P23	M4	Pastizal	5.5	1.78	1.67	34.64	2.47	0.86	0.54	4.14	8.21	64.94	18.43	16.63	1.05
115	P23	M5	Pastizal	5.13	2.86	1.35	18.37	1.3	0.53	0.28	3.08	36.4	61.17	16.63	22.20	1.01
116	P24	M1	Bosque secundario	5.53	2.16	1.1	15.46	2.27	1.28	0.33	4.36	15.02	67.57	10.83	21.60	1.28
117	P24	M2	Bosque secundario	5.1	1.59	1.01	9.39	1.67	1.06	0.3	3.64	20.78	66.20	16.87	16.93	1.43
118	P24	M3	Bosque secundario	4.77	4.78	2.48	10.46	1.43	0.73	0.2	3.74	37.17	54.27	18.43	27.30	1.15
119	P24	M4	Bosque secundario	5.3	1.64	1.98	17.74	1.56	1.11	0.33	3.99	26.61	60.27	19.10	20.63	0.97
120	P24	M5	Bosque secundario	4.93	6.51	3.48	4.96	1.42	0.54	0.15	3.02	22.07	57.84	12.63	29.53	0.98
121	P25	M1	Bosque secundario	4.4	1.83	1.66	8.11	0.91	0.42	0.2	3	50.29	69.56	10.17	20.27	1.67
122	P25	M2	Bosque secundario	4.13	1.21	1	10.7	1.1	0.53	0.21	3.48	48.4	58.87	19.53	21.60	1.70
123	P25	M3	Bosque secundario	4.2	8.54	4.74	8.61	0.75	0.36	0.12	3.09	57.29	66.27	13.10	20.63	0.99
124	P25	M4	Bosque secundario	4.23	1.38	2.29	8.13	0.59	0.41	0.14	3.04	60.29	63.60	17.10	19.30	1.12
125	P25	M5	Bosque secundario	4.83	4.95	2.5	8.29	1.47	0.32	0.12	3.53	45.26	67.83	11.30	20.87	1.04
126	P26	M1	Bosque secundario	4.2	3.38	2.4	14.59	1.8	0.55	0.35	5.94	54.24	31.57	39.50	28.93	1.32
127	P26	M2	Bosque secundario	4.1	3.12	1.87	21.78	1.63	0.87	0.45	4.6	34.49	40.20	24.87	34.93	1.44
128	P26	M3	Bosque secundario	4.8	4.48	2.28	48.41	3.55	1.57	0.52	5.04	54.99	48.27	15.10	36.63	1.02
129	P26	M4	Bosque secundario	5.23	4.69	2.93	41.82	3.7	1.24	0.48	6.37	20.63	53.60	15.10	31.30	0.91
130	P26	M5	Bosque secundario	4.83	5.41	2.84	31.82	2.07	0.52	0.28	4.65	37.63	35.84	20.63	43.53	0.94
131	P27	M1	Pastizal	5.53	1.47	1.54	21.13	1.59	0.53	0.46	3.05	21.92	69.56	8.17	22.27	1.49
132	P27	M2	Pastizal	5.17	3.34	1.76	51.59	2.42	0.79	0.31	3.71	6.21	71.47	9.60	18.93	1.37
133	P27	M3	Pastizal	5.2	3.96	2.23	33.85	2.53	1.49	0.39	4.52	1.79	63.60	8.43	27.97	0.00
134	P27	M4	Pastizal	5.13	6.12	3.12	16.11	1.9	0.62	0.25	3.07	9.87	64.94	14.43	20.63	0.98
135	P27	M5	Pastizal	5.17	4.51	2.28	16.2	1.83	0.42	0.23	2.92	14.28	70.87	6.33	22.80	1.12

136	P28	M1	Pastizal	5.33	2.75	2.1	37.38	1.58	0.72	0.34	2.85	15.52	73.57	6.83	19.60	1.61
137	P28	M2	Pastizal	5.13	3.68	1.87	35.1	1.6	0.96	0.28	2.96	5	76.00	5.07	18.93	1.38
138	P28	M3	Pastizal	4.83	3.08	1.53	12.2	0.85	0.24	0.17	2.16	38.09	73.60	9.77	16.63	1.08
139	P28	M4	Pastizal	5.03	4.44	2.36	12.46	0.96	0.5	0.25	2.14	19.65	69.60	15.77	14.63	0.96
140	P28	M5	Pastizal	5.9	6.86	3.33	55.32	3.01	1.06	0.26	4.54	5.13	75.60	4.40	20.00	1.01
141	P29	M1	Pastizal	5.03	3.43	1.71	10.66	1.66	0.95	0.28	4.42	35.74	50.90	15.50	33.60	1.34
142	P29	M2	Pastizal	4.23	3.24	1.78	10.86	1.32	0.68	0.31	3.83	44.04	52.67	15.73	31.60	1.38
143	P29	M3	Pastizal	4.6	4.99	2.8	6.08	0.81	0.34	0.14	4.2	65.3	50.27	18.43	31.30	1.01
144	P29	M4	Pastizal	5.33	8.11	4.2	22.72	4.07	0.4	0.23	4.96	5.74	55.60	22.43	21.97	1.15
145	P29	M5	Pastizal	4.33	2.8	1.86	8.95	0.71	0.35	0.2	4.3	69.64	48.26	17.07	34.67	2.11
146	P30	M1	Bosque secundario	5.9	2.04	1.22	33.71	6.08	1.29	0.6	8.07	1.45	60.90	10.17	28.93	1.39
147	P30	M2	Bosque secundario	5.87	3.11	1.67	29.58	4.8	1.2	0.59	6.68	1.91	64.00	9.73	26.27	1.52
148	P30	M3	Bosque secundario	5.53	5.93	2.9	13.89	4.68	0.66	0.25	5.92	7.67	46.27	21.10	32.63	0.94
149	P30	M4	Bosque secundario	5.87	4.12	2.08	25.27	5.38	1.02	0.25	6.7	0	66.27	7.10	26.63	1.15
150	P30	M5	Bosque secundario	6.1	2.29	3.75	11.43	4.5	1.02	0.3	5.86	0	64.27	12.40	23.33	0.93
151	P31	M1	Monocultivo	5.03	2.23	1.34	23.54	2.6	0.81	0.62	4.36	8.4	69.56	8.17	22.27	1.29
152	P31	M2	Monocultivo	4.83	2.87	1.53	21.29	2.79	0.84	0.31	4.59	16.99	59.34	17.73	22.93	1.58
153	P31	M3	Monocultivo	5.93	2.77	1.71	23.9	4.04	0.75	0.43	5.34	0	66.94	10.43	22.63	1.29
154	P31	M4	Monocultivo	5.03	2.63	1.46	5.55	1.01	0.66	0.23	4.4	56.22	40.93	33.10	25.97	1.18
155	P31	M5	Monocultivo	5.16	2.42	4.82	11.42	4.96	0.89	0.41	6.28	0	55.60	21.73	22.67	1.01
156	P32	M1	Bosque secundario	5.23	2.21	1.25	18.37	3.7	1.05	0.54	5.47	3.91	61.56	16.17	22.27	1.53
157	P32	M2	Bosque secundario	5.17	3.74	1.95	20.54	2.6	0.94	0.63	4.67	13.39	53.33	20.40	26.27	1.64
158	P32	M3	Bosque secundario	5.5	1.94	1.84	9.91	3.28	0.73	0.35	4.59	4.38	52.94	22.43	24.63	1.06
159	P32	M4	Bosque secundario	5.8	6.17	3.25	9.99	4.3	1.13	0.55	6.06	0.68	56.94	20.43	22.63	1.08
160	P32	M5	Bosque secundario	6.37	2.25	5.12	27.8	5.02	1.27	0.32	6.81	4.06	52.94	23.73	23.33	0.86
161	P33	M1	Bosque secundario	4.57	3.65	1.86	14.47	2.55	0.82	0.78	6.78	37.63	46.23	25.50	28.27	1.24
162	P33	M2	Bosque secundario	4.1	1.85	1.12	17.22	1.4	0.57	0.38	6.16	60.21	46.66	27.07	26.27	1.13
163	P33	M3	Bosque secundario	4	4.07	2.77	9.5	0.89	0.44	0.24	6.25	71.51	52.27	23.10	24.63	0.72
164	P33	M4	Bosque secundario	4.37	5.98	2.94	8.05	1.13	0.4	0.19	5.22	66.14	56.94	20.43	22.63	0.81
165	P33	M5	Bosque secundario	4.6	2.75	1.42	5.66	1.07	0.37	0.18	4.63	63.42	48.26	25.07	26.67	0.93
166	P34	M1	Monocultivo	4.27	3.13	1.73	31.5	0.88	0.53	0.42	4.16	58.85	62.24	14.83	22.93	1.38
167	P34	M2	Monocultivo	4.3	4.4	2.3	15.31	1.15	0.6	0.53	3.36	33.19	58.67	20.40	20.93	1.63
168	P34	M3	Monocultivo	4.1	1.65	1.13	17.22	1.01	0.42	0.22	4.22	58.78	61.13	18.70	20.17	0.00
169	P34	M4	Monocultivo	4.37	8.4	4.48	4.75	1.58	0.54	0.26	4.49	45.3	60.27	21.10	18.63	1.09
170	P34	M5	Monocultivo	4.67	3.27	1.71	15.74	1.62	0.41	0.17	4.44	48.46	61.60	21.07	17.33	1.12
171	P35	M1	Bosque secundario	4.33	2.93	1.58	17.6	1.08	0.55	0.33	4.18	50.06	41.56	20.17	38.27	1.29
172	P35	M2	Bosque secundario	4.23	2.13	1.11	12.9	1.4	0.75	0.43	5.51	53.72	32.67	35.73	31.60	1.11
173	P35	M3	Bosque secundario	4.53	6.53	3.29	8.13	1.11	0.66	0.25	5.59	61.25	41.53	24.40	34.07	0.96
174	P35	M4	Bosque secundario	4.83	5.63	2.93	8.7	0.89	0.39	0.21	2.24	32.76	68.27	16.43	15.30	1.14
175	P35	M5	Bosque secundario	4.57	2.59	1.3	8.34	0.58	0.23	0.11	2.05	50.87	64.94	17.73	17.33	1.26
176	P36	M1	Pastizal	4.43	2.57	1.36	9.93	0.35	0.34	0.29	4.51	85.03	42.24	20.83	36.93	1.35
177	P36	M2	Pastizal	4.43	2.18	1.17	5.68	0.84	0.35	0.19	5	71.38	42.67	26.40	30.93	1.26
178	P36	M3	Pastizal	4.33	7.38	4.18	4.57	0.65	0.23	0.15	4.29	75.81	48.87	18.40	32.73	1.07
179	P36	M4	Pastizal	4.5	4.83	2.42	5.47	0.34	0.17	0.21	4.18	83.57	47.60	28.43	23.97	1.21
180	P36	M5	Pastizal	4.43	4.23	2.38	3.26	0.81	0.16	0.12	4.52	74.98	46.93	22.40	30.67	1.27
181	P37	M1	Bosque secundario	4.1	1.64	0.84	14.44	0.65	0.3	0.26	3.46	65.91	47.57	18.83	33.60	1.47

182	P37	M2	Bosque secundario	4.23	3.31	1.7	19.4	1.27	0.6	0.34	4.08	46.65	47.33	21.07	31.60	1.28
183	P37	M3	Bosque secundario	4.13	3.82	1.82	14.41	0.56	0.24	0.15	2.95	67.07	54.20	15.73	30.07	1.04
184	P37	M4	Bosque secundario	4.27	3.07	1.55	6.24	0.53	0.26	0.18	2.99	67.27	56.93	19.10	23.97	1.16
185	P37	M5	Bosque secundario	4.23	4.66	2.48	9.42	0.42	0.15	0.13	2.77	74.02	51.60	20.40	28.00	1.22
186	P38	M1	Pastizal	4.8	3.32	1.65	5.77	0.75	0.72	0.25	4.43	57.72	45.57	19.50	34.93	1.36
187	P38	M2	Pastizal	4.77	3.57	1.75	5.81	0.83	0.52	0.39	4.54	61.68	50.00	23.73	26.27	0.95
188	P38	M3	Pastizal	4.63	6.37	3.55	15.41	0.87	0.29	0.14	4.4	65.73	48.86	21.07	30.07	1.16
189	P38	M4	Pastizal	4.5	6.77	3.27	9.49	0.63	0.34	0.14	5.11	77.9	51.13	23.57	25.30	1.05
190	P38	M5	Pastizal	4.43	2.3	1.24	6.49	0.79	0.4	0.16	4.99	70.83	42.26	27.07	30.67	1.18
191	P39	M1	Bosque secundario	4.53	2.31	1.38	5.91	0.33	0.34	0.17	5.72	84.22	31.57	25.50	42.93	1.26
192	P39	M2	Bosque secundario	3.97	3.85	2.06	15.72	1.16	0.54	0.27	6.3	68.25	40.67	25.73	33.60	1.16
193	P39	M3	Bosque secundario	4.17	4.69	2.52	4.76	1.36	0.5	0.22	5.6	59.79	42.86	21.07	36.07	1.03
194	P39	M4	Bosque secundario	4.07	3.93	2.07	7.18	0.71	0.39	0.18	6.07	78.26	34.90	26.47	38.63	1.08
195	P39	M5	Bosque secundario	4.43	3.49	1.81	4.49	0.77	0.34	0.17	5.07	72.96	29.60	26.40	44.00	1.20
196	P40	M1	Pastizal	5	2.62	1.36	12.57	0.47	1.03	0.5	3.54	45.58	50.90	17.50	31.60	1.33
197	P40	M2	Pastizal	4.57	2.99	1.53	6.66	1.1	0.46	0.17	5.02	65.29	43.33	27.07	29.60	1.18
198	P40	M3	Pastizal	4.7	3.05	1.59	5.71	1.01	0.51	0.29	4.06	55.19	46.87	21.73	31.40	1.16
199	P40	M4	Pastizal	4.47	4.21	2.23	8.42	0.76	0.54	0.3	3.49	50.27	55.57	15.80	28.63	1.25
200	P40	M5	Pastizal	4.4	3.07	1.56	9.35	0.63	0.38	0.27	3.62	61.57	48.93	20.40	30.67	1.20

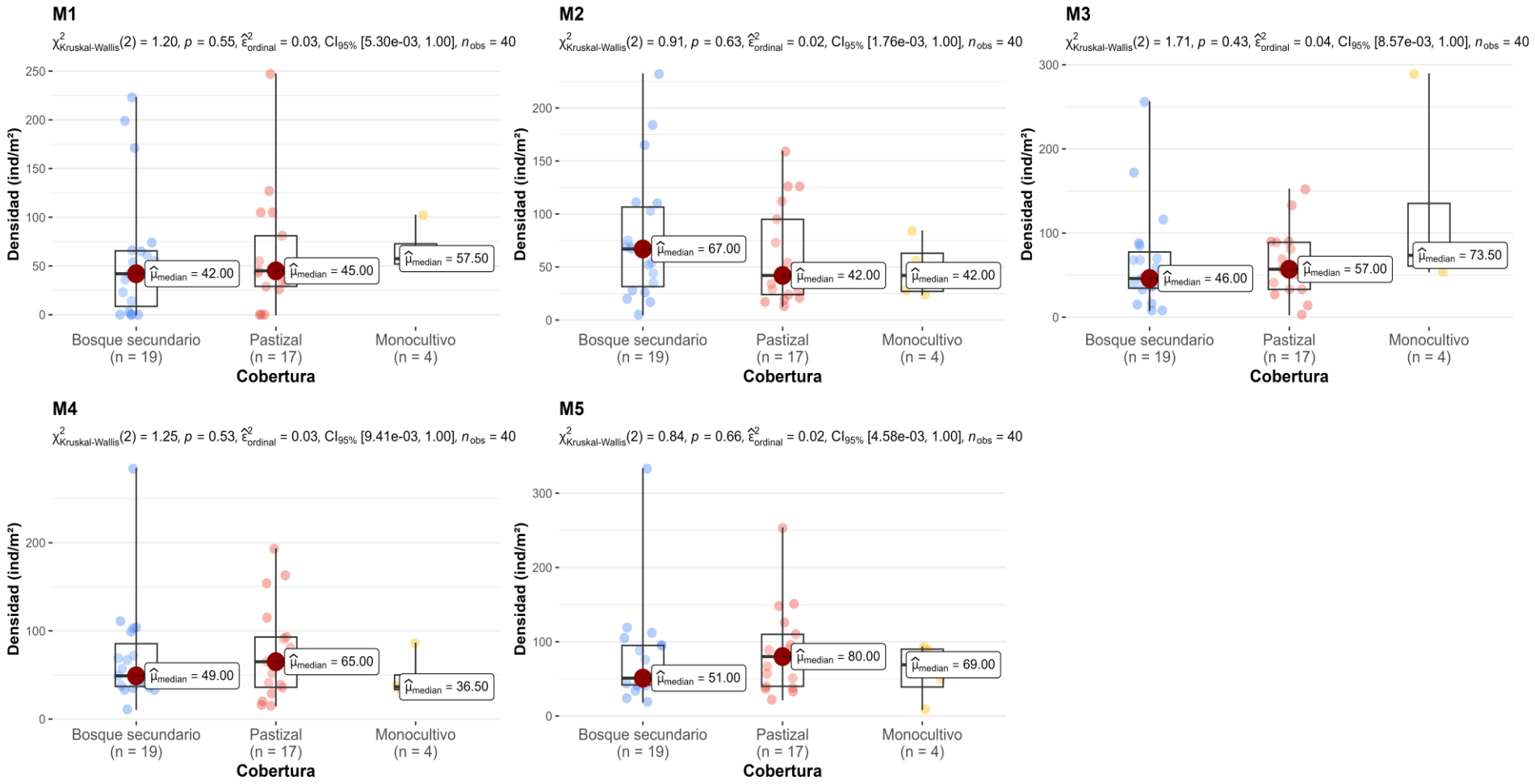


Figura 31. Comparación de la densidad de macroinvertebrados (ind/m^2) entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

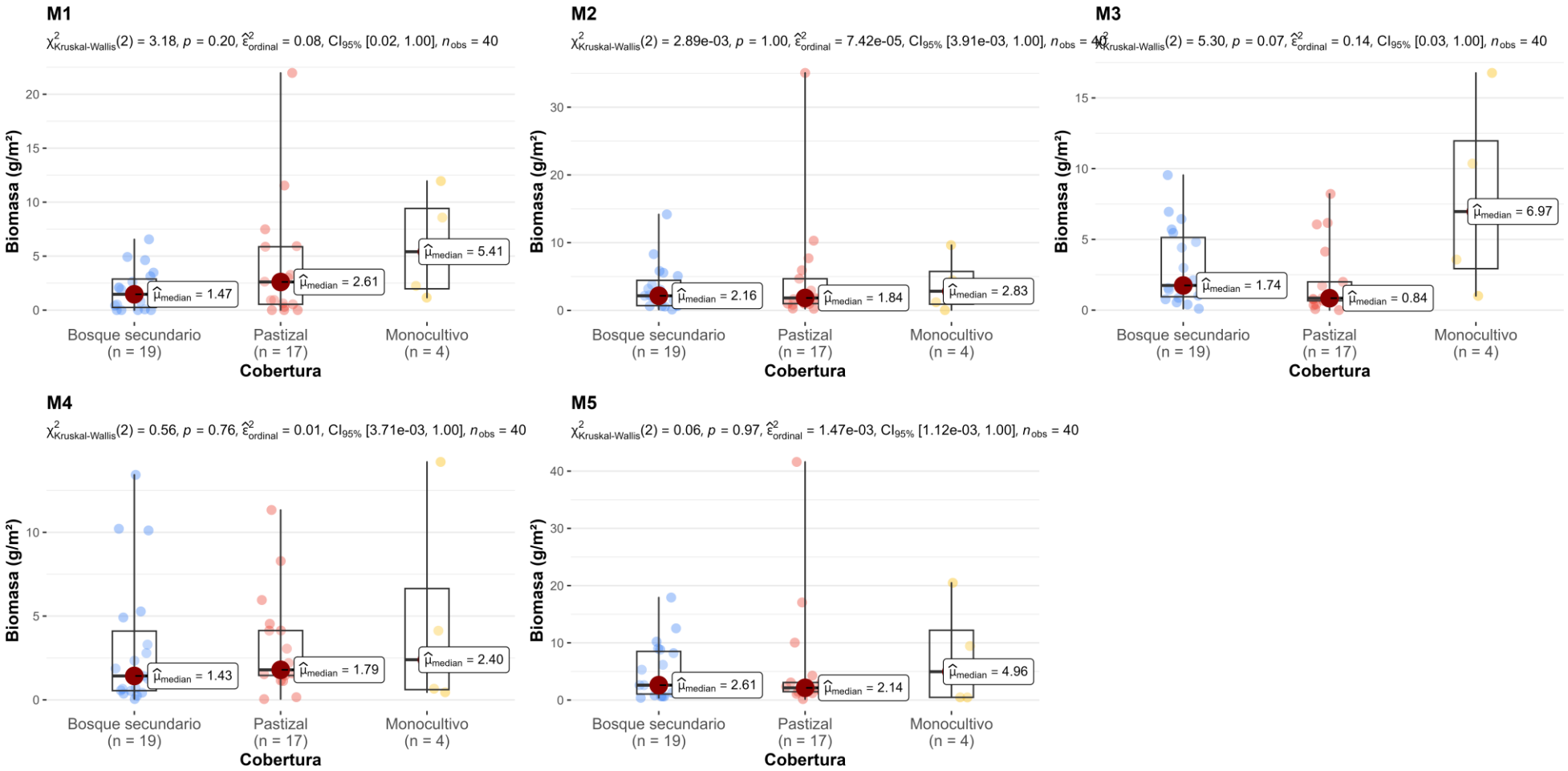


Figura 32. Comparación de la biomasa de macroinvertebrados (g/m^2) entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

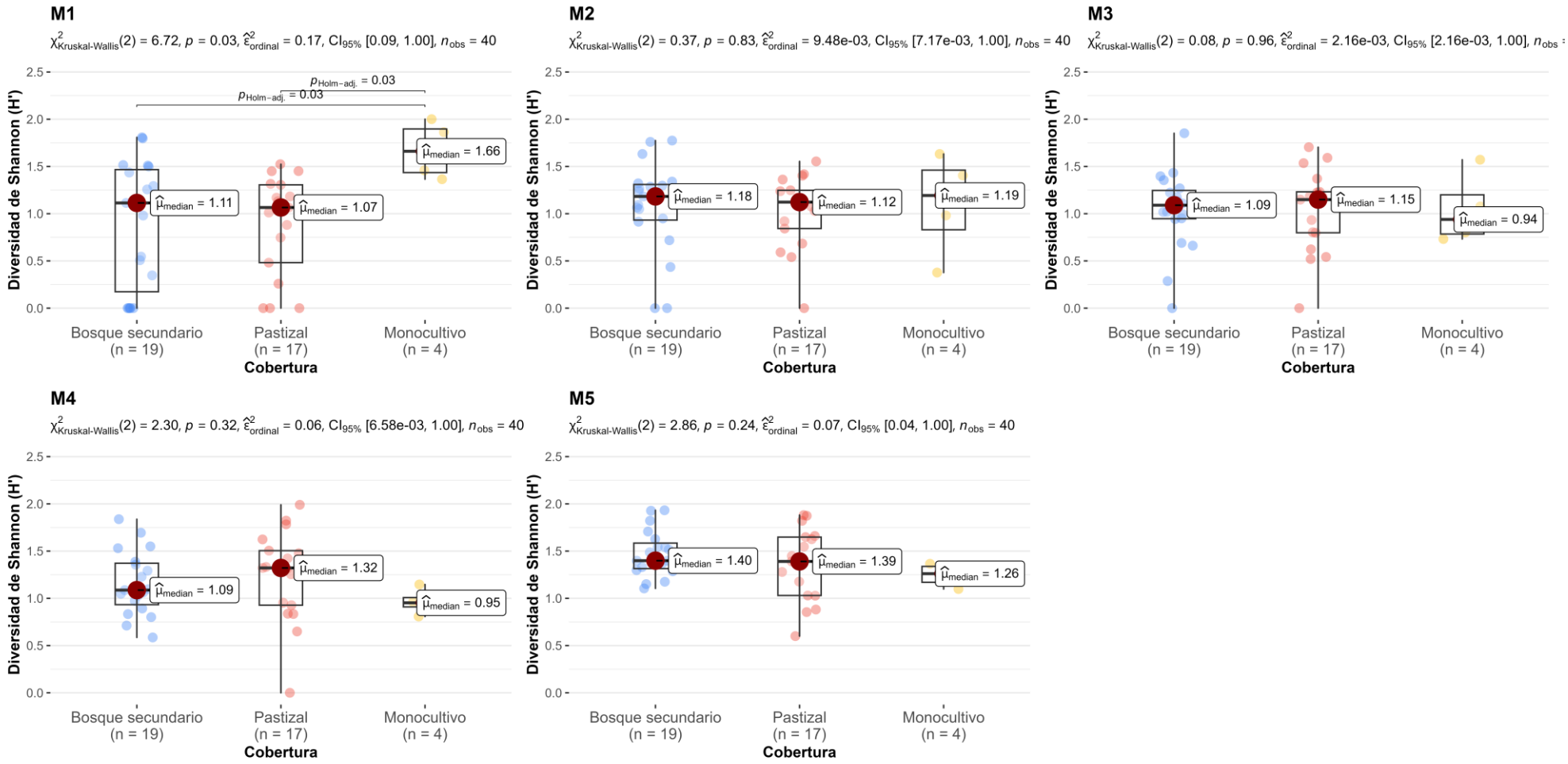


Figura 33. Comparación de la diversidad de Shannon (H') entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

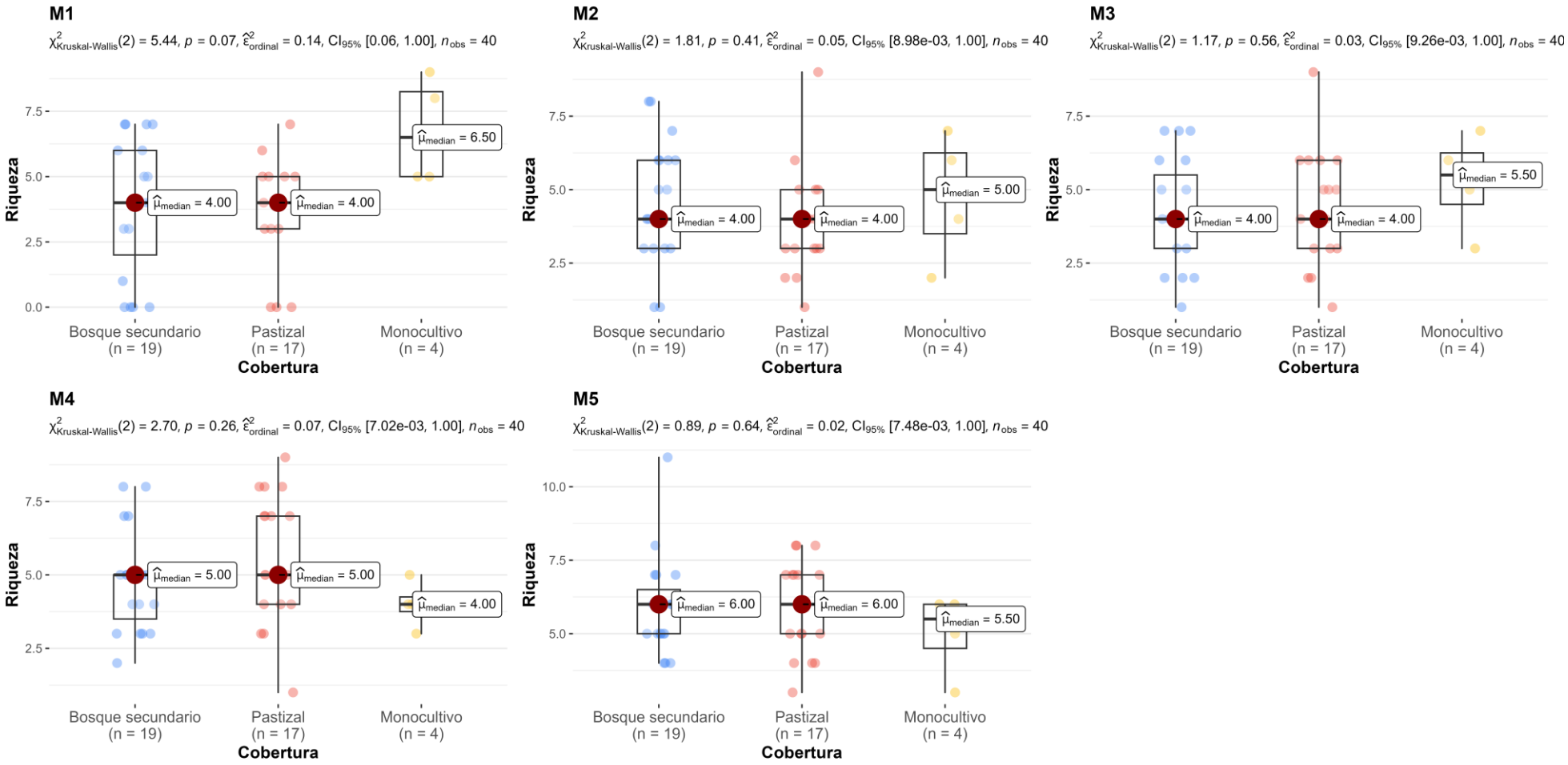


Figura 34. Comparación de la riqueza de macroinvertebrados entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

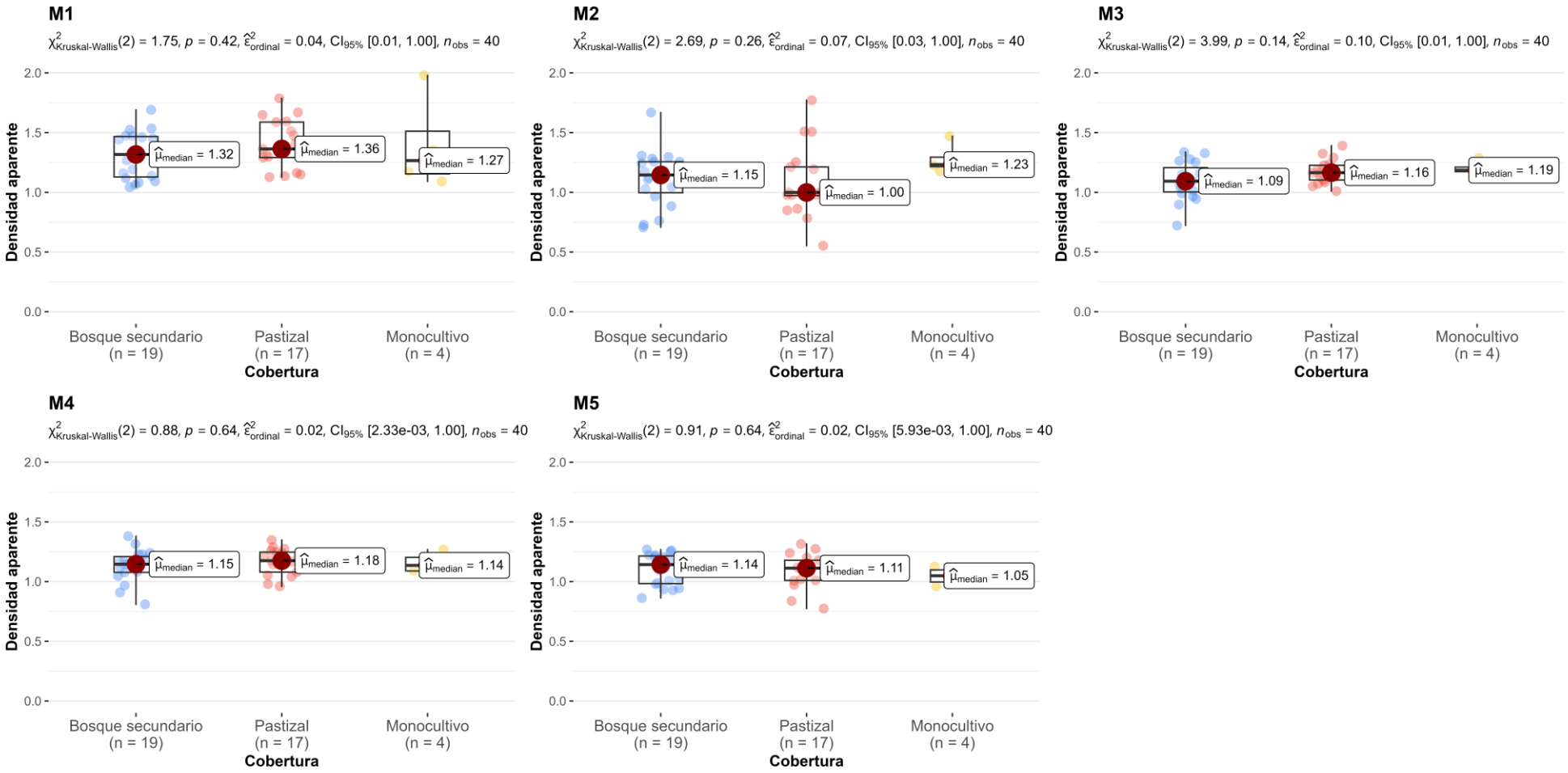


Figura 35. Comparación de la densidad aparente del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

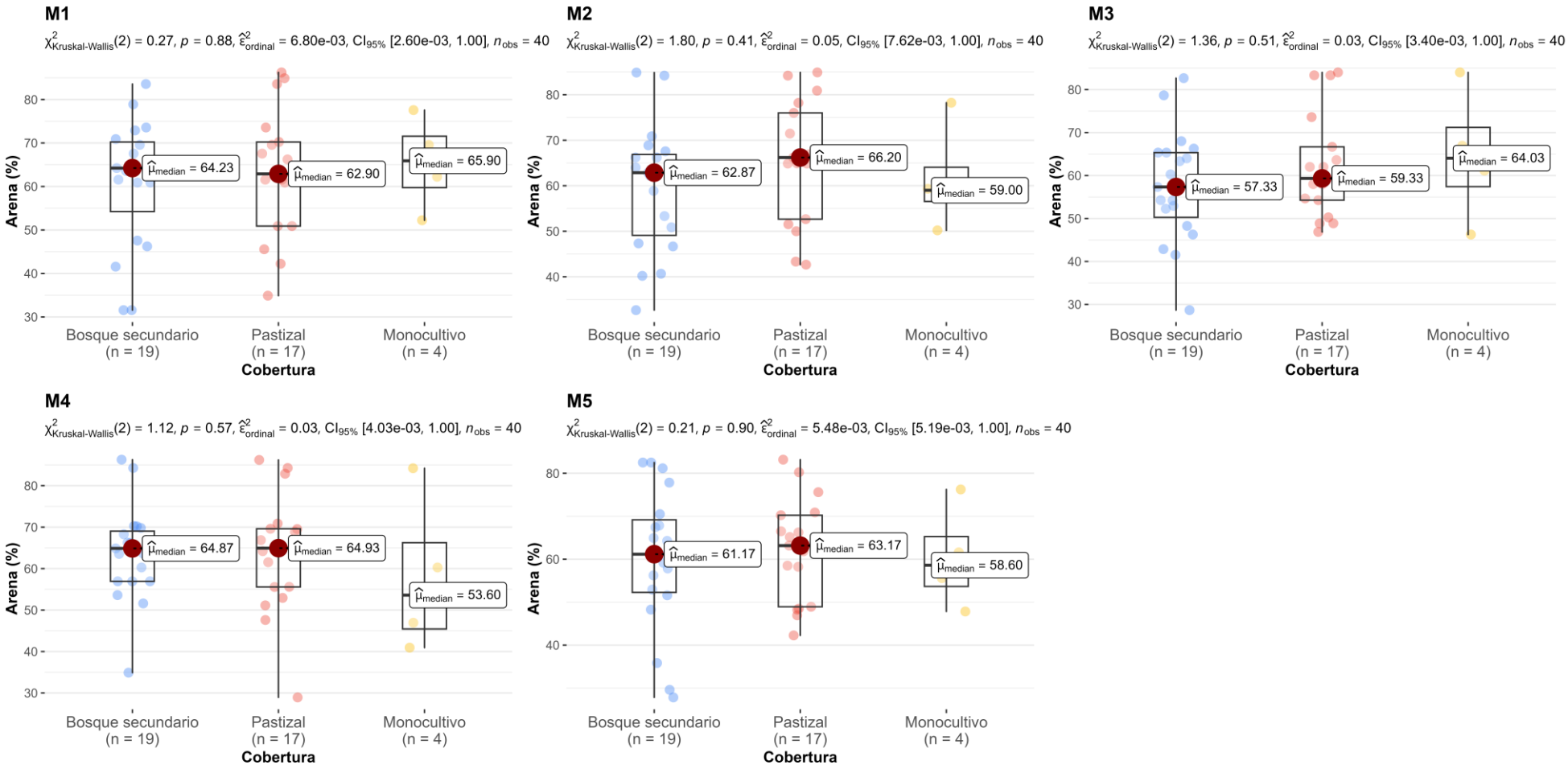


Figura 36. Comparación de la textura (proporción de arena) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

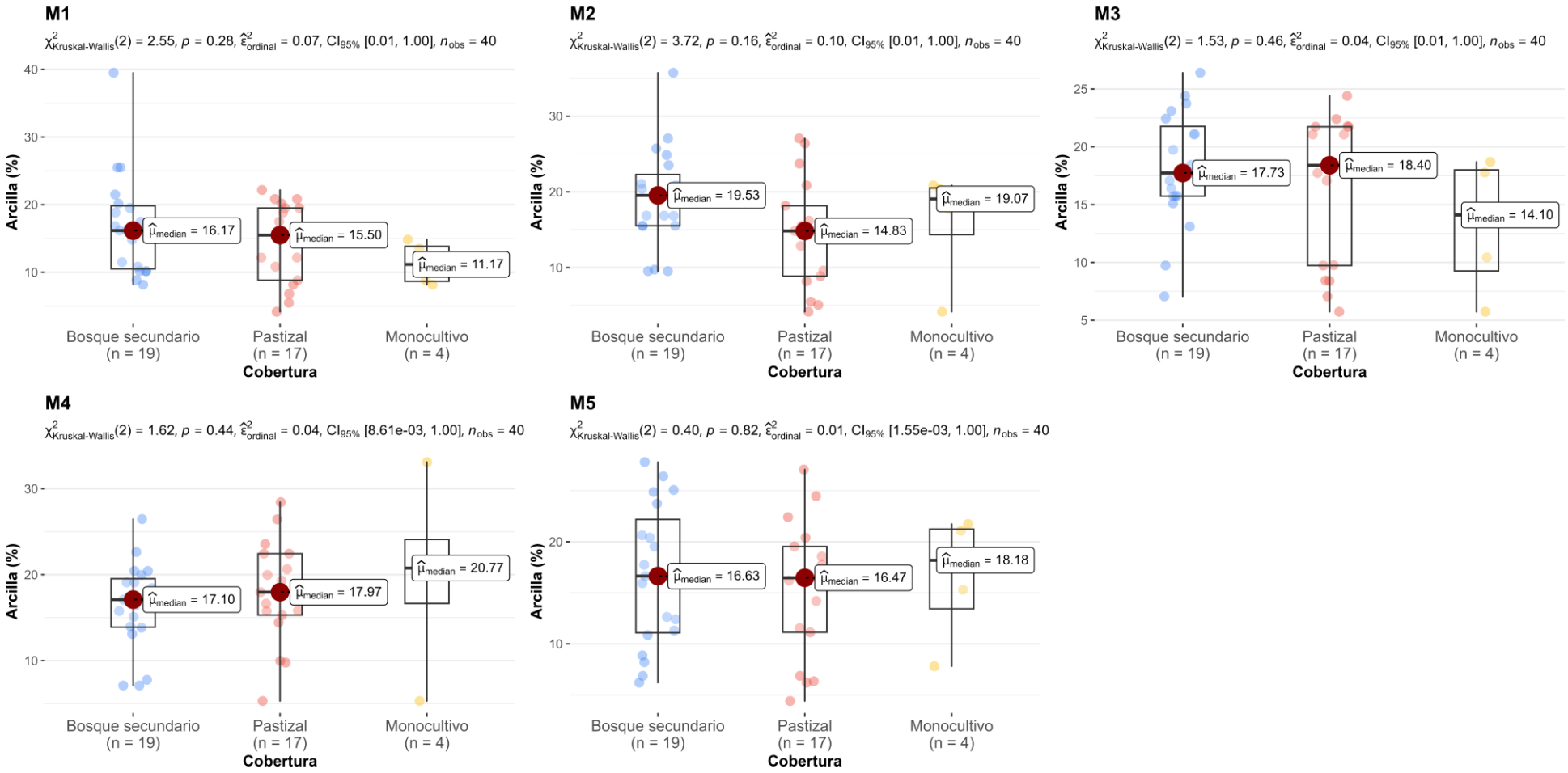


Figura 37. Comparación de la textura (proporción de arcilla) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

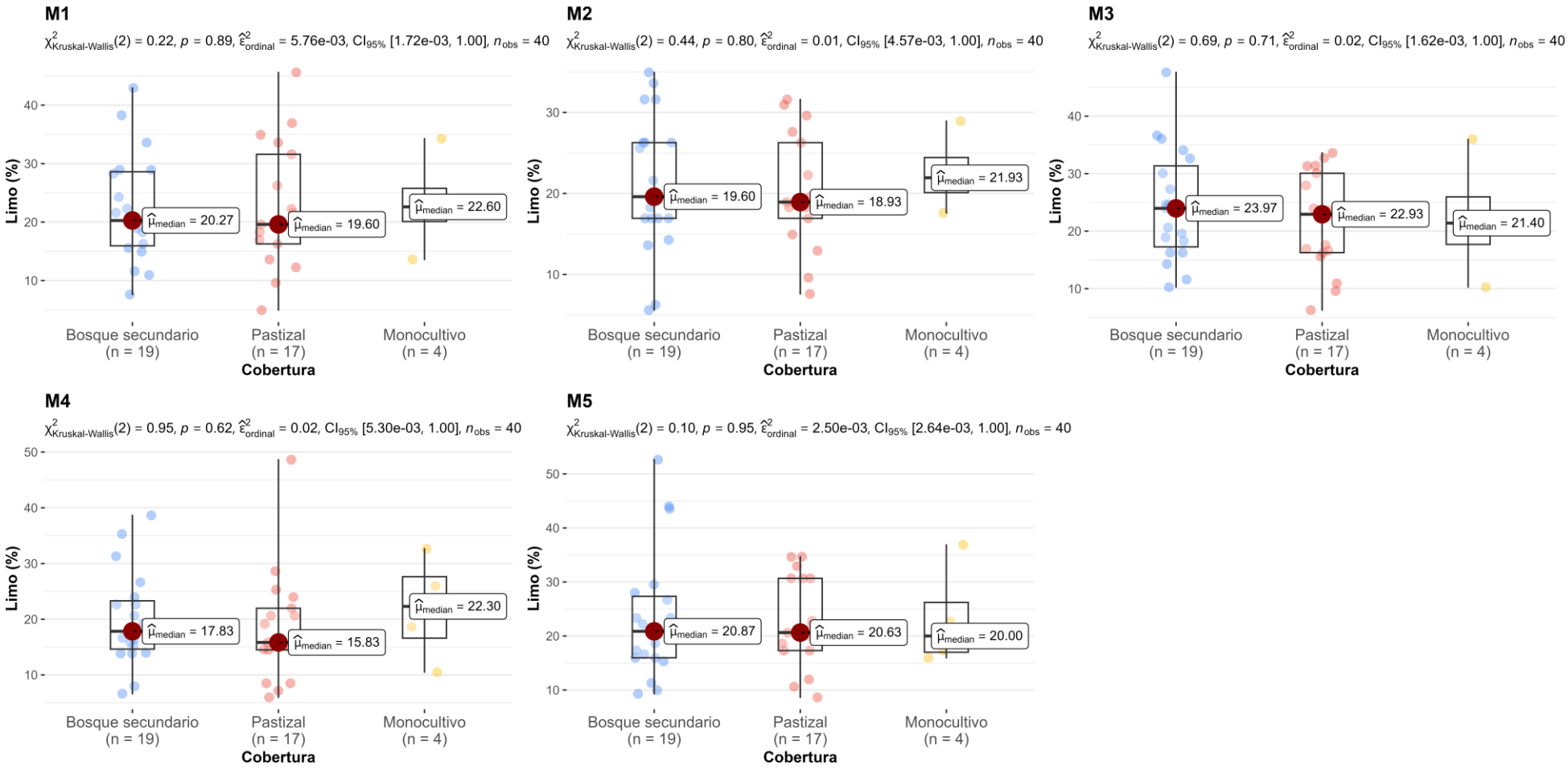


Figura 38. Comparación de la textura (proporción de limo) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

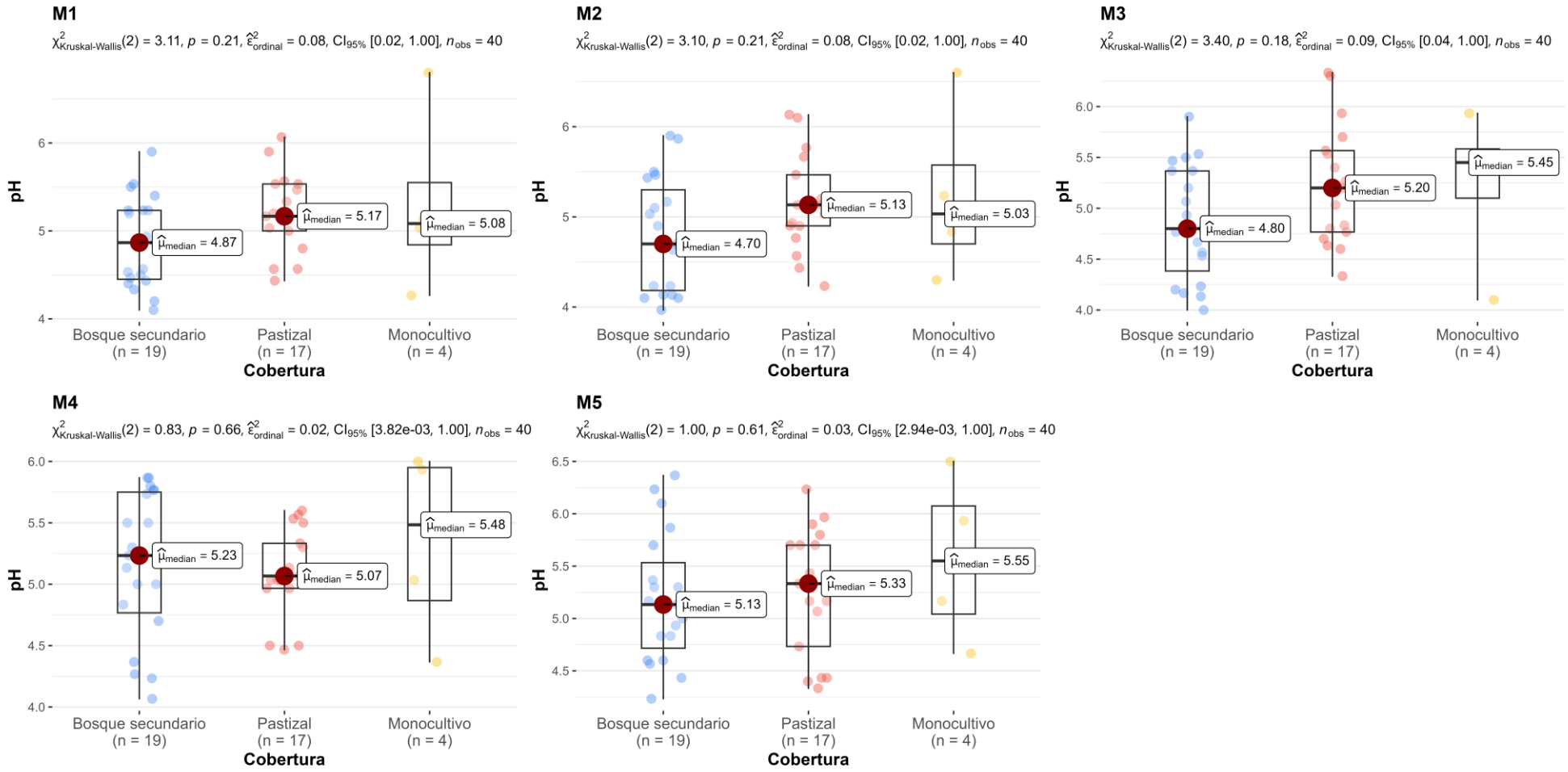


Figura 39. Comparación del potencial de hidrógeno (pH) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

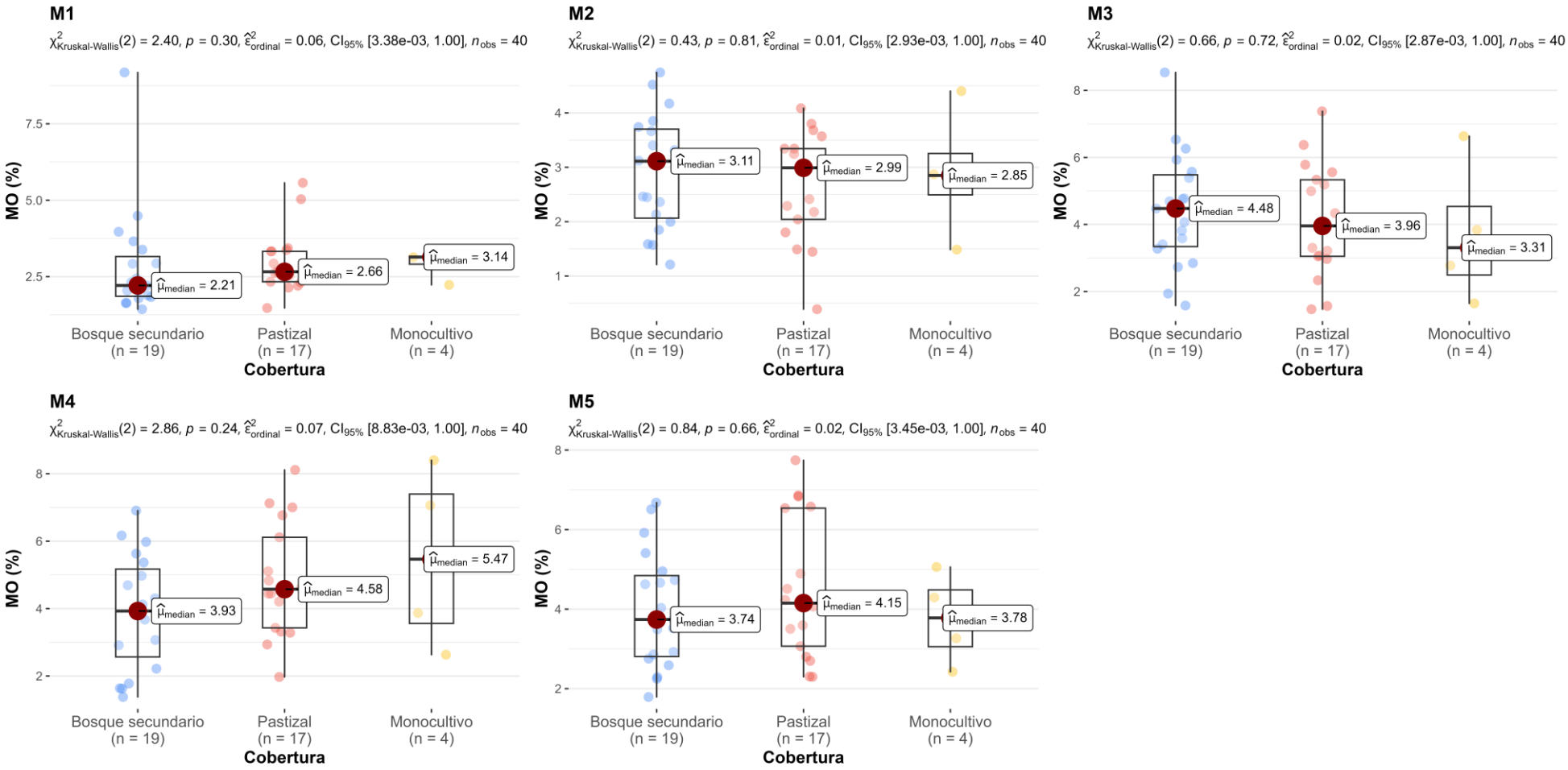


Figura 40. Comparación de la materia orgánica (MO) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

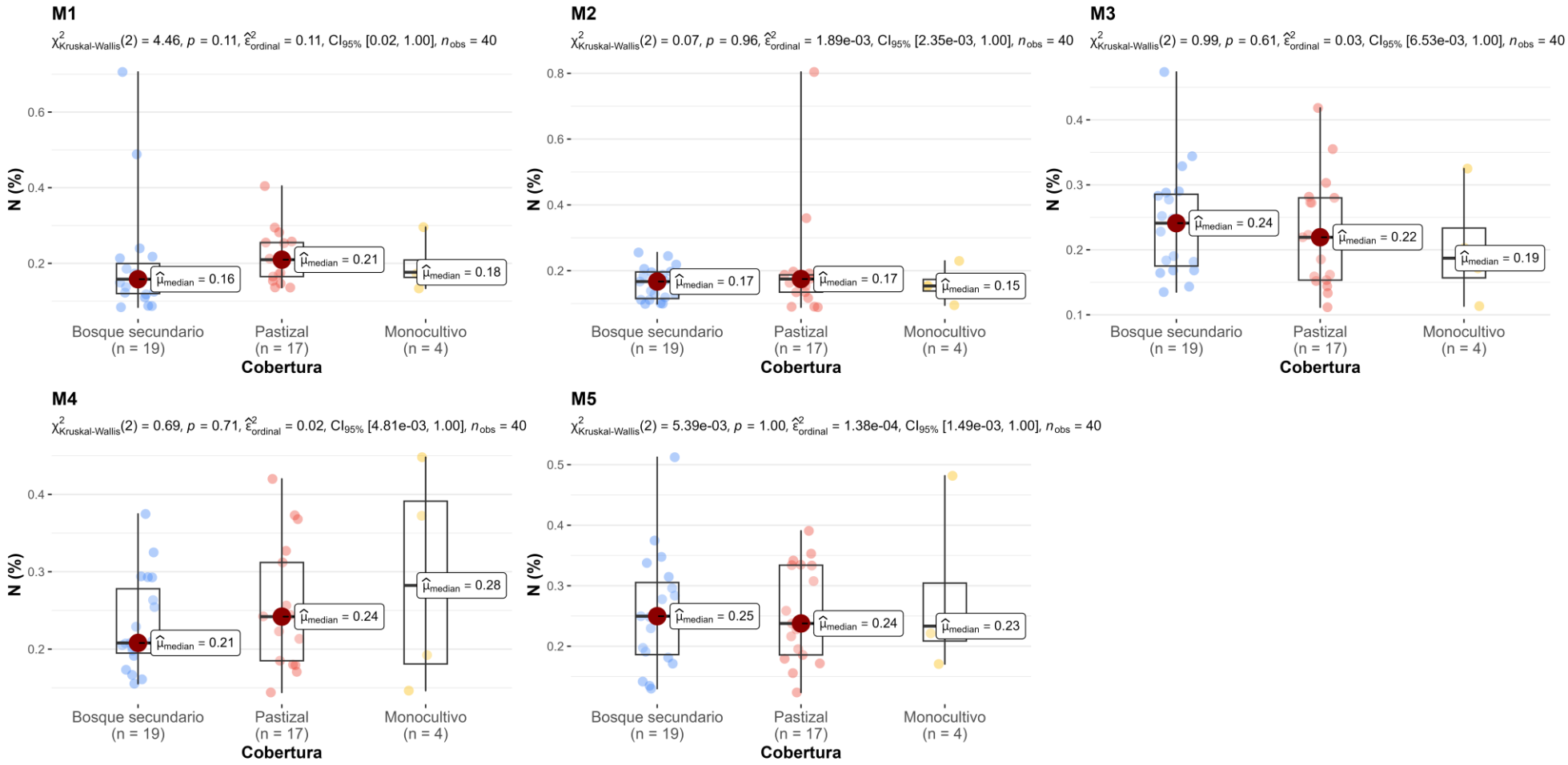


Figura 41. Comparación del nitrógeno (N) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

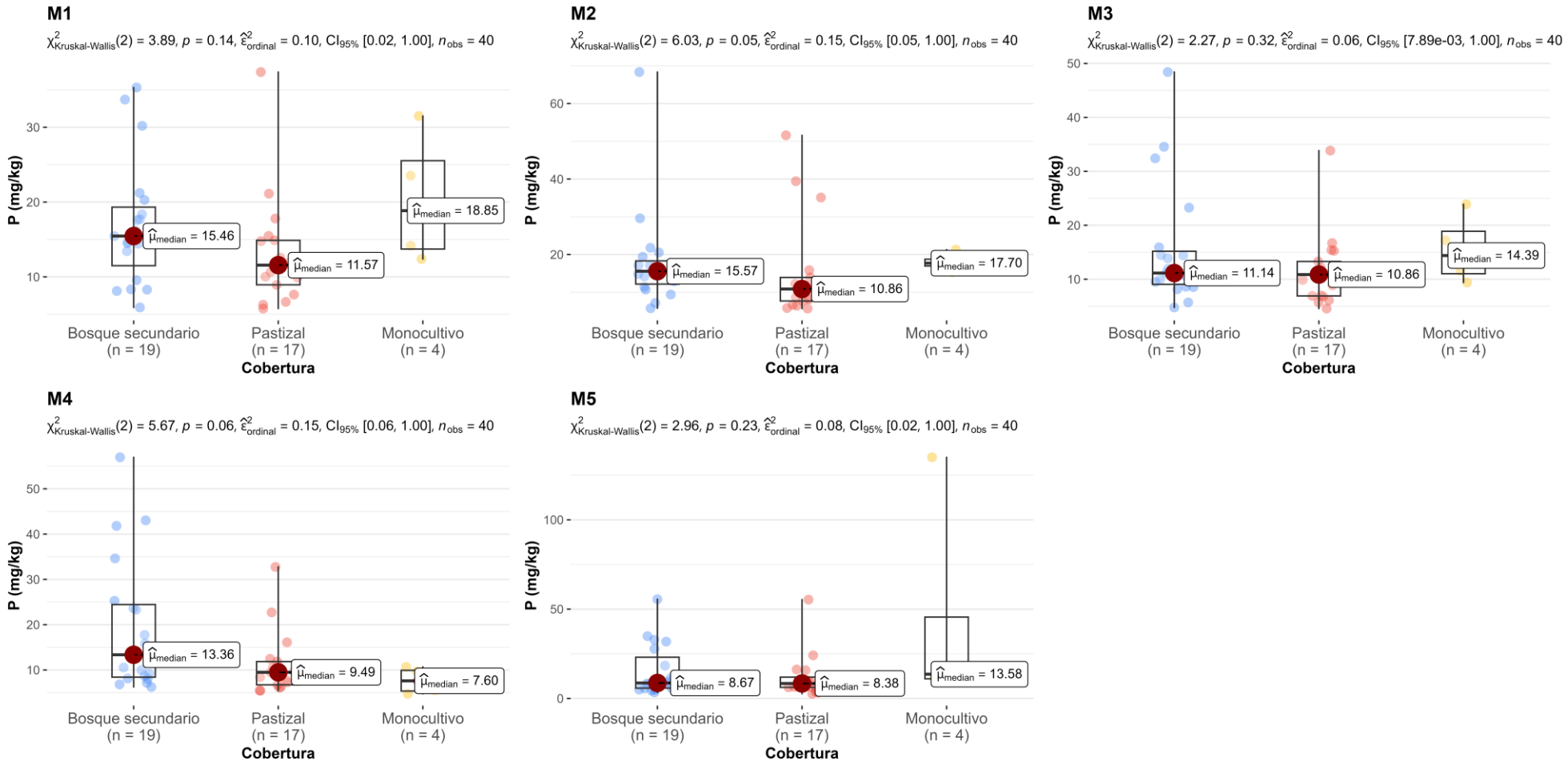


Figura 42. Comparación de fósforo (P) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

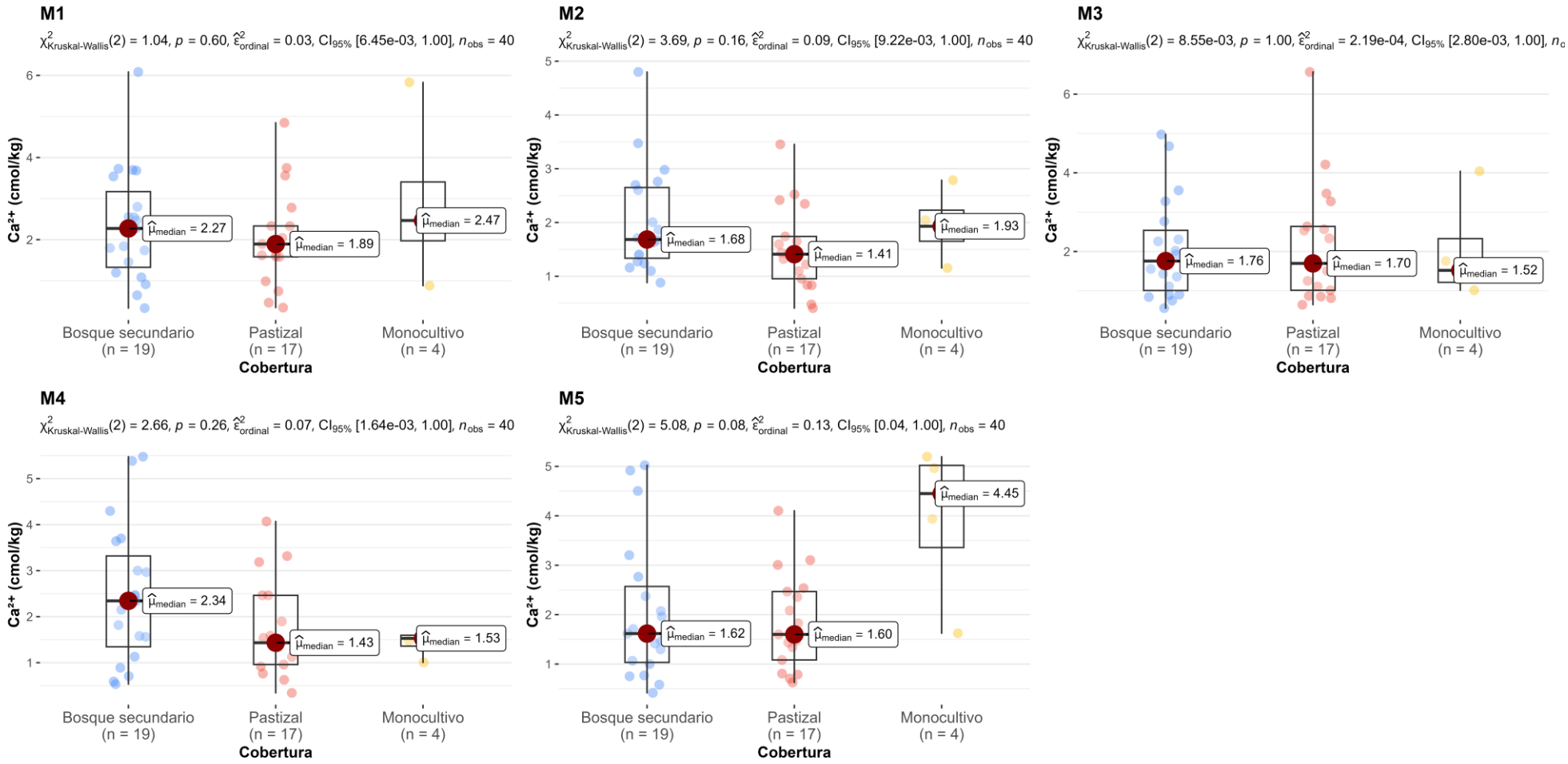


Figura 43. Comparación de calcio intercambiable (Ca^{2+}) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

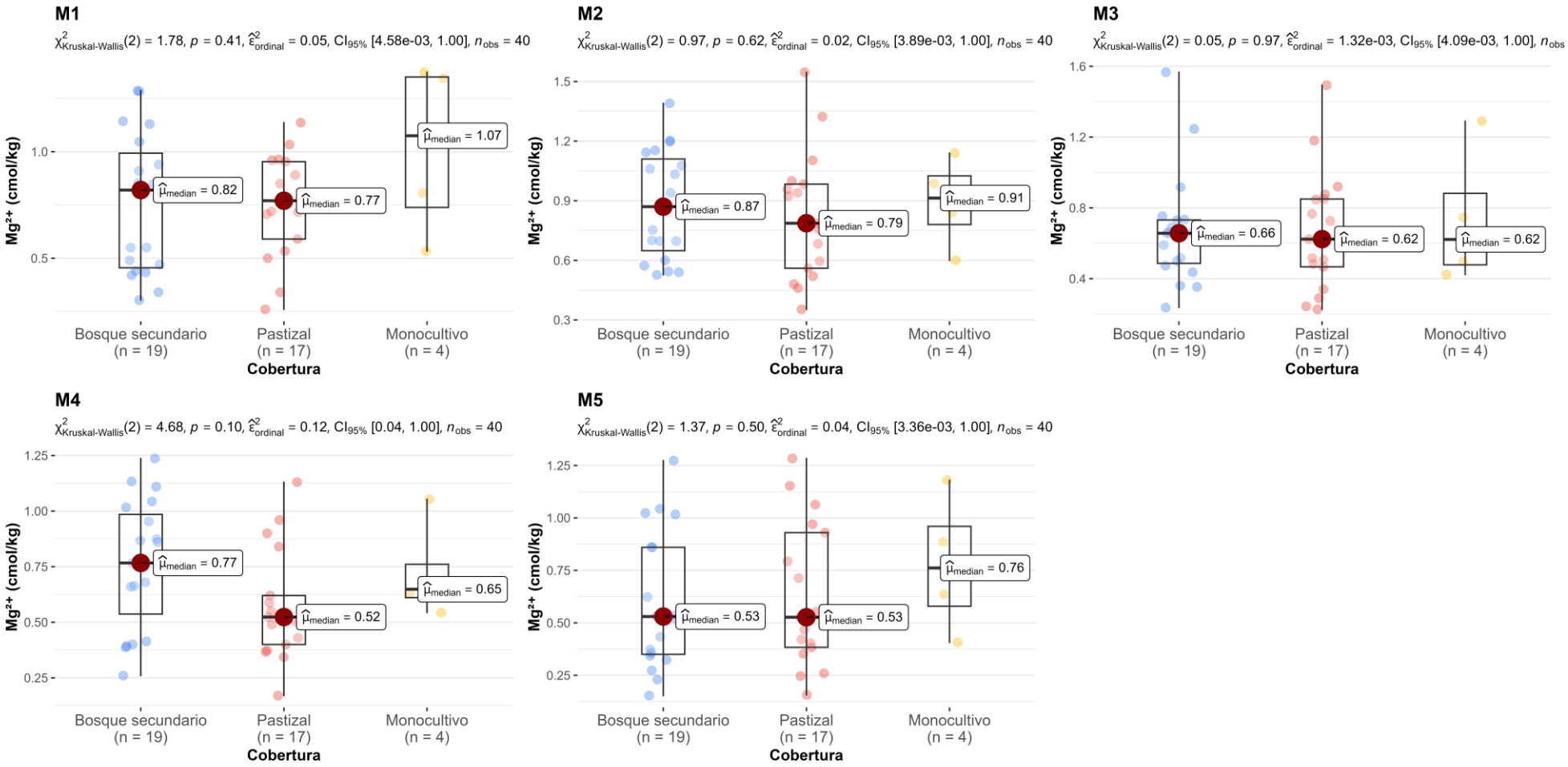


Figura 44. Comparación del magnesio intercambiable (Mg^{2+}) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

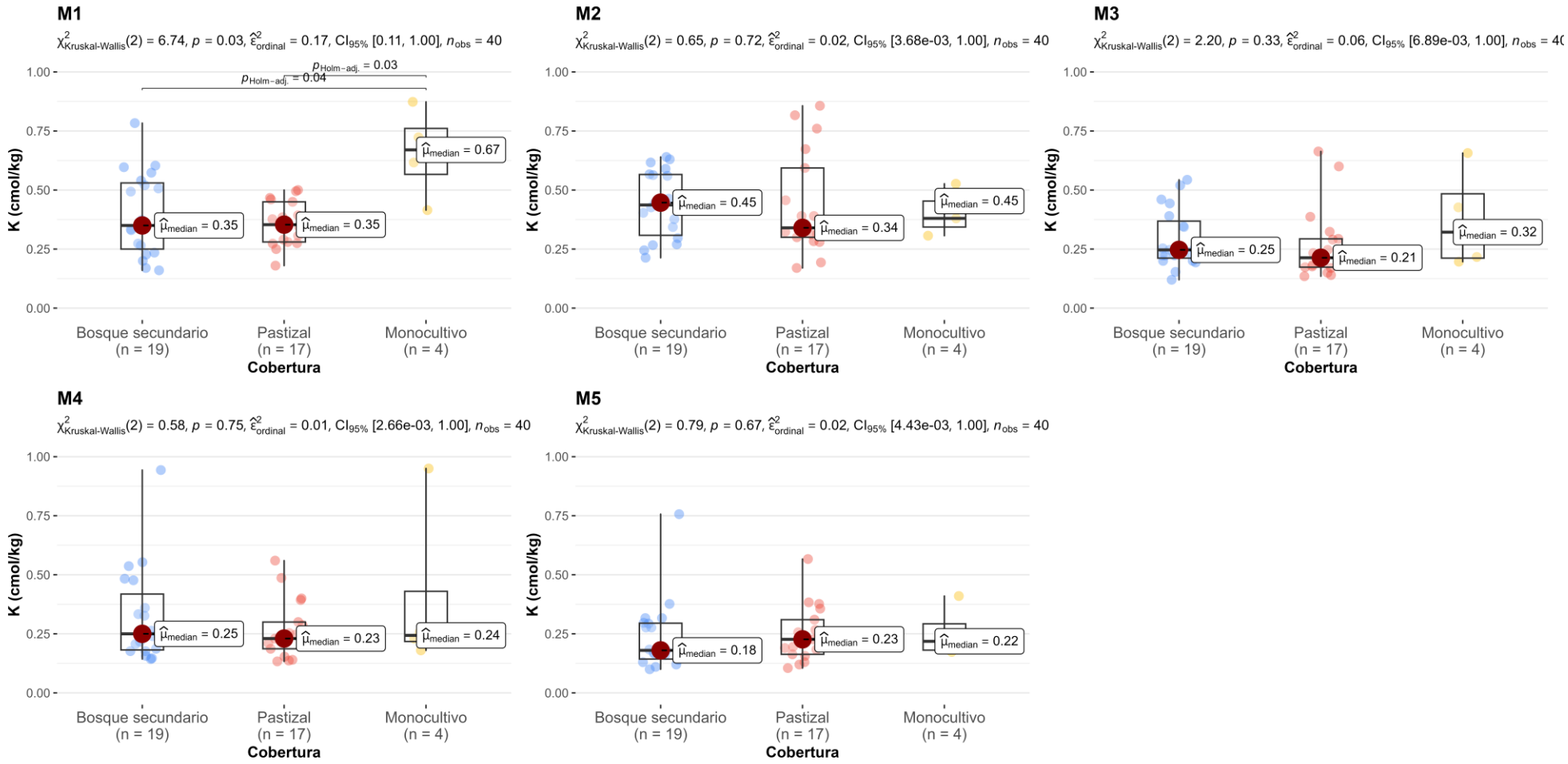


Figura 45. Comparación del potasio intercambiable (K^+) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

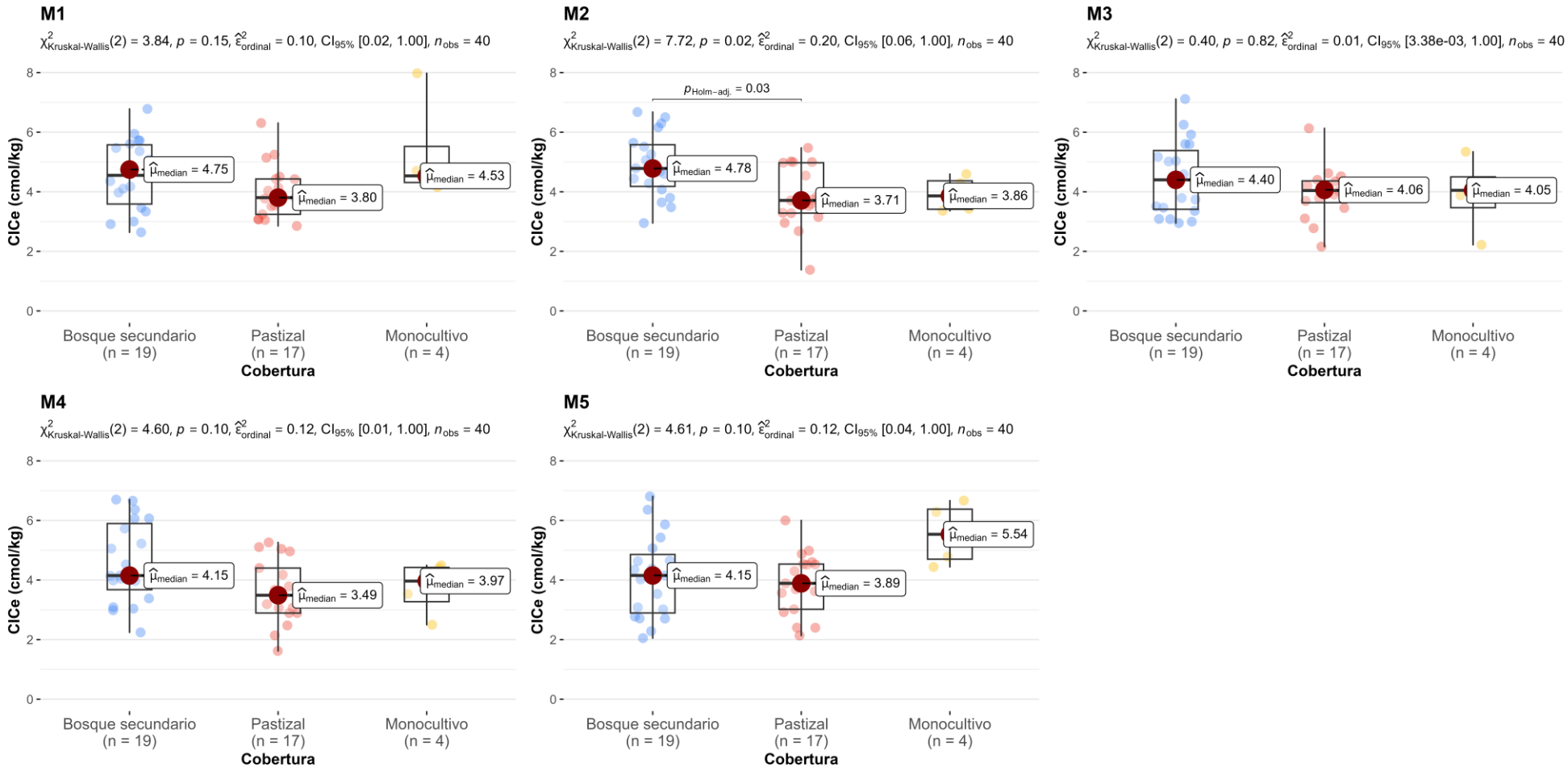


Figura 46. Comparación de la Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICe) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

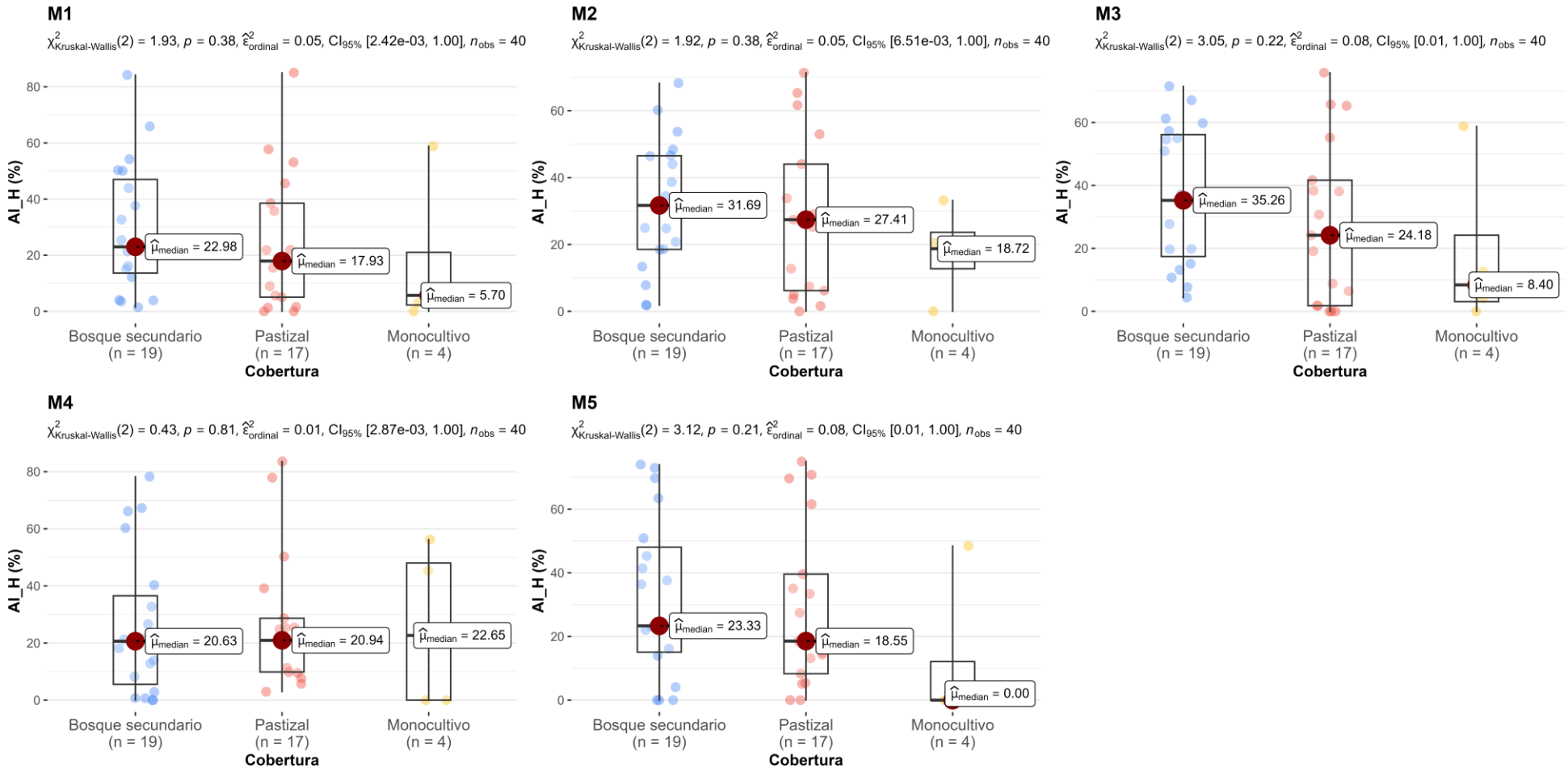


Figura 47. Comparación de Saturación de Aluminio e Hidrógeno (Al + H) del suelo entre las tres coberturas de suelo analizadas durante los cinco meses de muestreo (Mes 1 - Mes 5).

Anexo 4. Registro fotográfico del trabajo de campo y laboratorio.



Figura 48. Fase I (campo): A: Identificación de parcelas. B: Georreferenciación de parcelas. C: trazado del transecto lineal. D: Muestreo de macroinvertebrados. E: Muestreo de suelo. F: Etiquetado del material recolectado.

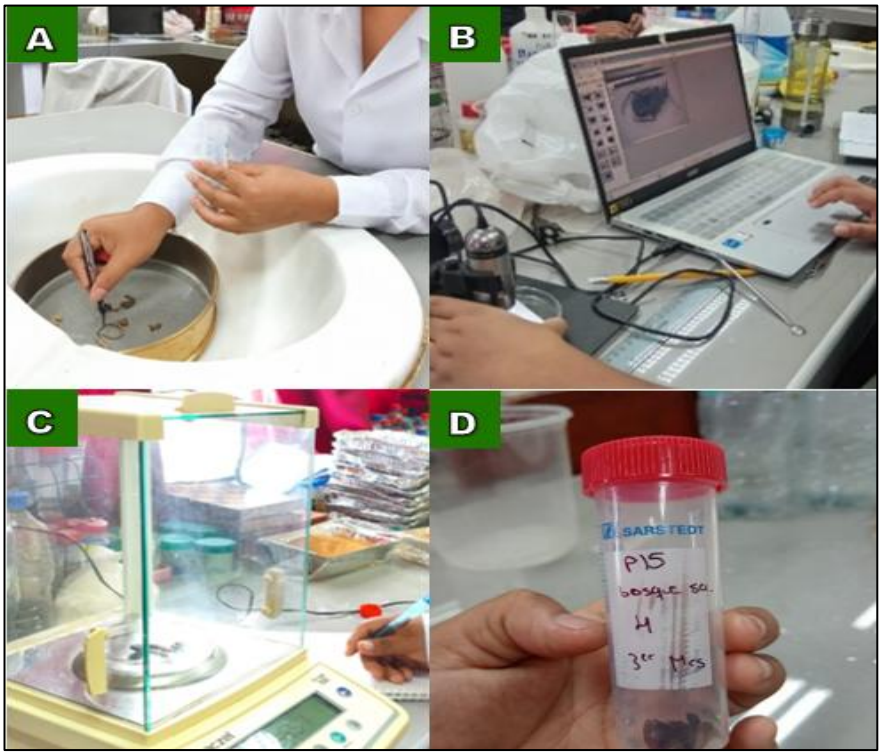


Figura 49. Fase II (Laboratorio): A: Limpieza de macroinvertebrados. B: Toma fotográfica e identificación. C: Pesado de muestras. D: Rotulado y almacenamiento de muestras.



Figura 50. Fase II (Laboratorio): A: Secado de muestras a temperatura ambiente. B: Tamizado de suelo. C: Pesado de muestras. D: Rotulado y almacenamiento de muestras.



Figura 51. Fase II (laboratorio): evaluación de la densidad aparente del suelo. A: secado a 105 °C; B: cálculo del peso.



Figura 52. Gremio trófico Detritívoros: A: Orden Crassiclitellata (lombriz de tierra), B: Orden Isopoda (chanchitos de tierra), C: Orden Isoptera (termitas), D: Orden Julida (milpies), E: Orden Polydesmida (ciempiés), F: Orden Trichoptera (tricopteros).



Figura 53. Gremio trófico Depredadores: A: Orden Araneae (Araña), B y C: Orden Coleoptera (escarabajo), D: Orden Geophilimorpha (ciempies alargado), E: Orden Hymenoptera (hormiga), F: Orden Scolopendromorpha (ciempiés chileno).



Figura 54. Gremio trófico Macrofitófagos: A y B: Orden Hemiptera (chiche y cigarra), C: Orden Stylommatophora (caracola), D y E: Orden Orthoptera (grillo y grillo topo), F: Orden Lepidoptera (oruga de mariposa).



Figura 55: Gremio trófico Omnívoro: A: Orden Blattodea (cucaracha), B: Orden Dermaptera (tijereta).



Figura 56. Gremio trófico Parásitos: Orden Gordioidea, encontrado en pastizales en los meses cuarto y quinto.

Anexo 5. Instrumento de evaluación de parámetros fisicoquímicos del suelo.

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE SUELOS,
AGUAS, ABONOS Y FOLIARES DEL INIA PUCALLPA

Pro Suelos y Aguas LABSAF

INFORME DE ENSAYO
LABSAF PUCALLPA
N° 108824NA / SU / PC

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Yudit Huayllasi Ylla
Propietario / Productor	: Reservado por el cliente
Dirección del cliente	: Av.Universitaria,Puerto Maldonado
Solicitado por	: Liliana Valentina Pinedo Fernandez
Muestreado por	: El solicitante
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: Alegría, Monterrey (1 de mayo Las Piedras), Tambopata-Madre de Dios
Fecha(s) de muestreo (***)	: 15-03-25
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2025-08-06
Lugar de ensayo	: LABSAF PUCALLPA
Fecha(s) de análisis	: Del 2025-08-11 al 2025-08-14
Cotización del servicio	: 153-25-PC
Fecha de emisión	: 2025-08-18

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU7444-PC-25	SU7445-PC-25	SU7446-PC-25	SU7447-PC-25	SU7448-PC-25	SU7449-PC-25
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo (***)			15-03-25	15-03-25	15-03-25	15-03-25	15-03-25	15-03-25
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			9:00	9:00	9:00	9:00	9:00	9:00
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			M01-P01-001	M01-P01-002	M01-P01-003	M01-P02-004	M01-P02-005	M01-P02-006
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	unid. pH	0.10	5.90	6.20	6.10	7.80	6.70	5.90
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.50	-	-	-	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.50	-	-	-	-	-	-
Materia Orgánica	g/kg	-	94.08	15.26	57.75	20.66	18.85	54.83
Nitrógeno Total	mg/g	0.013	5.14	2.16	4.83	2.70	2.45	3.72
Fósforo Disponible	mg/kg	0.40	21.83	8.04	4.83	19.10	12.99	5.07
Fósforo Disponible	mg/kg	0.80	-	-	-	-	-	-
Calcio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	4.26	1.13	0.74	12.07	3.15	2.27
Magnesio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	1.65	0.43	0.25	2.67	0.86	0.59
Sodio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Potasio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	0.37	0.18	<0.1	1.67	0.35	0.15
CICe	cmol (+)/Kg	-	6.33	1.78	1.13	16.46	4.42	3.05
Saturación de Aluminio e Hidrógeno	%	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	86.90	84.9	78.9	84.9	74.9	72.9
Arcilla	%	-	5.50	3.5	3.5	7.5	7.5	11.5
Limo	%	-	7.60	11.6	17.6	7.6	17.6	15.6
Clase Textural	-	-	Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Arena Franca

LABSAF Pucallpa
Dirección: Carretera Federico Basadre km 44, Coronel Portillo, Ucayali
Email: labsafpucallpa@inia.gob.pe

Figura 57. Informe técnico de análisis fisicoquímico del suelo emitido por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa, correspondiente a las primeras muestras evaluadas durante el mes 1 (códigos de laboratorio SU7444-PC-25 al SU7449-PC-25).

Instituto Nacional de Innovación Agraria

LABORATORIO DE SUELOS,
AGUAS, ABONOS Y FOLIARES DEL INIA PUCALLPA

Pro Suelos y Aguas LABSAF

INFORME DE ENSAYO
LABSAF PUCALLPA
N° 108928NA / SU / PC

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente	: Yudit Huayllasi Ylla
Propietario / Productor	: Reservado por el cliente
Dirección del cliente	: Av.Universitaria,Puerto Maldonado
Solicitado por	: Liliana Valentina Pinedo Fernandez
Muestreado por	: El solicitante
Referencia del muestreo	: Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (***)	: (Virgen del Sol), Laberinto,Tambopata - Madre de Dios
Fecha(s) de muestreo (***)	: 15-03-25
Fecha de recepción de muestra(s)	: 2025-08-06
Lugar de ensayo	: LABSAF PUCALLPA
Fecha(s) de análisis	: Del 2025-08-11 al 2025-08-14
Cotización del servicio	: 153-25-PC
Fecha de emisión	: 2025-08-18

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM			1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio			SU8041-PC-25	SU8042-PC-25	SU8043-PC-25	0	0	0
Matriz Analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de Muestreo (***)			15-03-25	15-03-25	15-03-25	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)			9:00	9:00	9:00	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)			M05-P40-598	M05-P40-599	M05-P40-600	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados					
pH	unid. pH	0.10	4.70	4.30	4.20	-	-	-
Acidez Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.50	1.26	2.53	3.11	-	-	-
Aluminio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.50	<0.5	1.03	1.50	-	-	-
Materia Orgánica	g/kg	-	26.72	26.87	38.45	-	-	-
Nitrógeno Total	mg/g	0.013	1.36	1.29	2.02	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0.40	7.70	5.30	15.04	-	-	-
Fósforo Disponible	mg/kg	0.80	-	-	-	-	-	-
Calcio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	0.75	0.59	0.54	-	-	-
Magnesio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	0.55	0.34	0.26	-	-	-
Sodio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	<0.1	<0.1	<0.1	-	-	-
Potasio Intercambiable	cmol (+)/Kg	0.10	0.37	0.24	0.19	-	-	-
CICe	cmol (+)/Kg	-	2.98	3.75	4.14	-	-	-
Saturación de Aluminio e Hidrógeno	%	-	42.35	67.32	75.04	-	-	-
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	51.60	51.6	43.6	-	-	-
Arcilla	%	-	14.40	22.4	24.4	-	-	-
Limo	%	-	34.00	26.0	32.0	-	-	-
Clase Textural	-	-	Franco	Franco Arcillo Arenoso	Franco	-	-	-

LABSAF Pucallpa
Dirección: Carretera Federico Basadre km 44, Coronel Portillo, Ucayali
Email: labsafpucallpa@inia.gob.pe

Figura 58. Informe técnico de análisis fisicoquímico del suelo emitido por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa, correspondiente a tres últimas muestras evaluadas durante el mes 5 (códigos de laboratorio SU8041-PC-25 al SU8043-PC-25).

Nota: Debido al elevado número de muestras analizadas (600 muestras), cuyos resultados fueron emitidos en informes agrupados de seis muestras por documento por el Laboratorio de Suelos, Aguas, Abonos y Foliares del INIA-Pucallpa, se presentan únicamente informes representativos comprendidos entre los códigos SU7444-PC-25 y SU8043-PC-25. Las muestras corresponden a 40 parcelas evaluadas durante cinco meses y en tres profundidades de muestreo (0-5 cm, 5-10 cm y 10-15 cm).

Anexo 6. Consentimiento informado.

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, María Rosa Marmani Molina, identificado(a) con DNI N.° 45261951, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Alegría, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 487118 y N: 8662001.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 13 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Felicitas Ramirez Surco, identificado(a) con DNI N.º 04808928, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Alegría, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 487072 y N: 8657874.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 23 de setiembre de 2024.

Felicitas Ramirez

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Angel Bustamante Huallpayunca., identificado(a) con DNI N.° 04818244 en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Monterrey, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 486258 y N: 8650607.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 25 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ..Rene..Ikeda..Gehona....., identificado(a) con DNI N.° ..08503537...., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector 1 de mayo, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 484109 y N: 8646183.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..19.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Washington Licona Vizcarra, identificado(a) con DNI N.° 24480764, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Planchón, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 483862 y N: 8644244.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 16 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Sadit Ramos Cacuna, identificado(a) con DNI N.° 04809211, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad** Nacional **Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Planchón, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 483925 y N: 8644024.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 24 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ..Custodia.....Papa.....Surieta.., identificado(a) con DNI N.º 04809070.., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Planchón, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 482654 y N: 8641557.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..28....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Elia Vela Rengifo, identificado(a) con DNI N.º 04806414, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Planchón, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 482062 y N: 8641205.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 11 de setiembre de 2024.

Elia Vela de Soto

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, FREDDY EURIQUE SOTO KROSS....., identificado(a) con DNI N.° 04812871....., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Planchón, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 481814 y N: 8640714.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..16...de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Juana Edith Portocarrero Rossel....., identificado(a) con DNI N.° 04607871....., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector San Francisco de Asís, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 481878 y N: 8638347.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ...18.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Carlos Morgan Mania, identificado(a) con DNI N.° 04806772., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector San Francisco de Asís, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 482252 y N: 8638523.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 24 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ..Yessica.....Berrio.....Pacuala....., identificado(a) con DNI N.º ...43.580127.., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Sudadero, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 483452 y N: 8633086.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..25.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ...Miguel Diaz Guzman....., identificado(a) con DNI N.º .....048.09.18..... en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional** Amazónica **de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Sudadero, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 482404 y N: 8632631.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 23....de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ...Cipriano Diaz Guzmán....., identificado(a) con DNI N.° .24280095..., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Sudadero, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 482199 y N: 8632655.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ...19.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Higidio Milo Berrio Pacuala....., identificado(a) con DNI N.° 47215326....., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Sudadero, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 481839 y N: 8632533.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..17.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ...Carlos Puma Quecaño....., identificado(a) con DNI N.° ..04823302....., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Sudadero, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 481694 y N: 8632433.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ...23.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Ignacio Condori Zuta....., identificado(a) con DNI N.° 04800931 en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Los Ángeles, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 487205 y N: 8633020.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 28 de setiembre de 2024.

Ignacio Condori Z

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Alfredo Rivero Zazo, identificado(a) con DNI N.º 04804692..., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Loboyoc, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 484796 y N: 8622455.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 24 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento,

Yo, Hector Gonzalo Vasquez Muños, identificado(a) con DNI N.º 04812116, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la Universidad **Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Madama, distrito de Las Piedras, provincia de Tambopata, región Madre de Dios. El área de estudio comprende dos parcelas pertenecientes al mismo propietario, cuya georreferenciación en coordenadas UTM – Datum WGS84 es la siguiente:
Parcela N.º 19: E: 487017; N: 8614070
Parcela N.º 20: E: 487171; N: 8614193

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 16 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Dina Fortunata Amable Roque., identificado(a) con DNI N.º 048.02435..., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector CEDEGA, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 469975 y N: 8602139.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 25 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Fernando Laurente Escobar, identificado(a) con DNI N.° 46902398., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector CEDEGA, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 467288 y N: 8601302.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 29 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, ...Raimundo Cuchiguiririni Amer..., identificado(a) con DNI N.° 04807879.., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Fitzcarrald, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 462654 y N: 8599570.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..25.....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Maria Luz Sangama Tuanica identificado(a) con DNI N.° 04819431, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Fitzcarrald, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 462357 y N: 8599701.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 30 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Roberto Condo Palomino, identificado(a) con DNI N.° 04800600., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Fitzcarrald, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 461122 y N: 8598962.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 26 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Florentina Atausupa Tabanda, identificado(a) con DNI N.° 04819644., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector San Bernardo, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 459825 y N: 8598499.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 28 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Ruben Jesus Loayza Sanchez, identificado(a) con DNI N.° 04825336., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector San Bernardo, distrito Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios. El área de estudio comprende dos parcelas pertenecientes al mismo propietario, cuya georreferenciación en coordenadas UTM – Datum WGS84 es la siguiente:

Parcela N.° 27: E: 457829; N: 8597821
Parcela N.° 28: E: 457299; N: 8597663

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 16 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Feliciano Alecacondori Ccopa...., identificado(a) con DNI N.° 04800160...., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector San Bernardo, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 456993 y N: 8596468.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 28 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Porfirio Catuta Quispe, identificado(a) con DNI N.° 04818369, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Las Mercedes, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 452047 y N: 8595747.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 29 de setiembre de 2024.

Porfirio Catuta Quispe

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Justina Cahuantico Lazaro, identificado(a) con DNI N.º 04830556, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Las Mercedes, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 451743 y N: 8595533.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 29 de setiembre de 2024.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Gumercindo Huamán Tiapa, identificado(a) con DNI N.º 24863503, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Víctor Raúl Haya de la Torre, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 448924 y N: 8594667.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 27 de setiembre de 2024.

Gumercindo Huamán T

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Feliciano Chambi Quispe, identificado(a) con DNI N.° 04802680, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Tahuantinsuyo, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 444190 y N: 8592442.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 17 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Francisco Flores Cruz....., identificado(a) con DNI N.° 04631752 en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Tahuantinsuyo, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 445149 y N: 8590426.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 29 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Santiago Huillca Quispe, identificado(a) con DNI N.° 04827551, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Laberinto, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 438015 y N: 8588617.

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 18 de setiembre de 2024.

Santiago H. Q.

Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Alberto Viza Challco, identificado(a) con DNI N.° 24702307., en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Laberinto, distrito de Tambopata, provincia de Tambopata, región Madre de Dios, con la siguiente georreferenciación del área de estudio (Coordenadas UTM – WGS84): E: 434731 y N: 8586952.

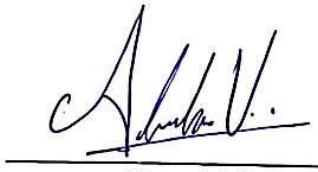
Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, ..13....de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Alejo Laayza Ramirez, identificado(a) con DNI N.° 04819495, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en el sector Florida Alta, distrito de Laberinto, provincia de Tambopata, región Madre de Dios. El área de estudio comprende dos parcelas pertenecientes al mismo propietario, cuya georreferenciación en coordenadas UTM – Datum WGS84 es la siguiente:

Parcela N.° 37: E: 433428; N: 8586319
Parcela N.° 38: E: 433093; N: 8586127

Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 24 de setiembre de 2024.



Firma del titular

AUTORIZACIÓN DE INGRESO

Por medio del presente documento:

Yo, Francisco Rimayhuaman Turpo, identificado(a) con DNI N.° 41803397, en calidad de titular de predio agrícola, otorgo mi consentimiento al equipo de investigación de la **Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios**, de la carrera profesional de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente, para el ingreso a mi propiedad y la realización del estudio titulado:

"Recolonización natural de macroinvertebrados edáficos en suelos afectados por incendios forestales en la provincia de Tambopata – Madre de Dios".

El predio se ubica en los sectores Florida Alta (Parcela 39) y Vírgenes del Sol (Parcela 40), distrito de Laberinto, provincia de Tambopata, región Madre de Dios. El área de estudio comprende dos parcelas pertenecientes al mismo propietario, cuya georreferenciación en coordenadas UTM – Datum WGS84 es la siguiente:

Parcela N.° 39: E: 428418; N: 8582694
Parcela N.° 40: E: 428403; N: 8582709
Autorizo el ingreso al predio durante el periodo comprendido desde **octubre del 2024 hasta febrero del 2025**, para la toma de muestras de suelo y macroinvertebrados, garantizando que dichas actividades se realizarán de manera responsable y sin generar daños significativos al ambiente ni a las actividades del predio.

Declaro tener conocimiento de los objetivos del estudio y que la información obtenida será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

La presente autorización se otorga durante el periodo de ejecución del trabajo de campo del estudio y no genera vínculo laboral ni compromiso económico alguno entre las partes.

Sin otro particular, firmo la presente en señal de conformidad.

Puerto Maldonado, 13 de setiembre de 2024.

Firma del titular