



# Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Unidad de Investigación

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N° 001-2024-FCA/UNACH

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



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

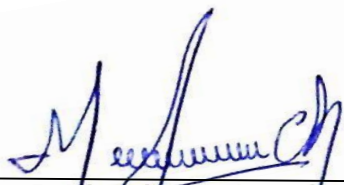
El que suscribe, Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada “**Evaluación de la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio forestal en la comunidad de Lazcán - distrito Conchán - provincia Chota – Cajamarca**”; desarrollada por **Joel Torres Coronel**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 15%**, sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecido en el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°120-2022-UNACH.

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 03 de marzo de 2025.

Atentamente

RIMCH/DUIFCA  
Interesado  
AFCA  
Archivo  
Chota 2025



  
M.Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi  
Director de la Unidad de Investigación  
de la Facultad de Ciencias Agrarias

CO-01-2024-UIFCA-UNACH

Correo: investigacionfca@unach.edu.pe

# Joel Torres Coronel

## IT-CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD-UIFCA

-  INFORME DE TESIS 2025
-  PROYECTOS Y TESIS 2025
-  Universidad Nacional Autonoma de Chota

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

**trn:oid::1:3171952367**

Fecha de entrega

**3 mar 2025, 12:51 p.m. GMT-5**

Fecha de descarga

**3 mar 2025, 1:33 p.m. GMT-5**

Nombre de archivo

**INFORME\_FINAL\_DE\_TESIS\_JOEL\_TORRES\_CORONEL\_-\_T.docx**

Tamaño de archivo

**6.2 MB**

**82 Páginas**




**16,994 Palabras**

**77,836 Caracteres**

## 15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Fuentes principales

- 14%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**  
1926 caracteres sospechosos en N.º de página  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

### Fuentes principales

- 14% Fuentes de Internet
- 5% Publicaciones
- 3% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	www.repositorio.unach.edu.pe	3%
2	Internet	www.unach.edu.pe	2%
3	Internet	sf5bde6fa dd7a3960.jimcontent.com	<1%
4	Internet	repositorio.unach.edu.pe	<1%
5	Internet	repositorio.unas.edu.pe	<1%
6	Internet	1library.co	<1%
7	Internet	worldwidescience.org	<1%
8	Internet	repositorio.espe.edu.ec	<1%
9	Internet	www.researchgate.net	<1%
10	Internet	www.agro.uba.ar	<1%
11	Internet	eprints.uanl.mx	<1%

12	Internet	es.slideshare.net	<1%
13	Trabajos del estudiante Universidad Ricardo Palma		<1%
14	Internet	repositorio.ucv.edu.pe	<1%
15	Internet	e-cucba.cucba.udg.mx	<1%
16	Internet	pt.scribd.com	<1%
17	Internet	www.coursehero.com	<1%
18	Publicación	Sandra C. TAPIA-CORAL, Beto PASHANASI-AMASIFUEN, Dennis DEL CASTILLO-TOR...	<1%
19	Internet	www.cjascience.com	<1%
20	Internet	repositorio.uncp.edu.pe	<1%
21	Internet	www.slideshare.net	<1%
22	Internet	issuu.com	<1%
23	Internet	repositorio.upse.edu.ec	<1%
24	Publicación	Rojas Castro, Pablo Andrés. "Uso de Recursos y Tecnologías Digitales y Enfoques ...	<1%
25	Internet	repositorio.undac.edu.pe	<1%

26	Internet	repositorio.undar.edu.pe	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo	<1%
28	Internet	repositorio.unal.edu.co	<1%
29	Internet	tesis.usat.edu.pe	<1%
30	Internet	unach.edu.pe	<1%
31	Publicación	Julia Escrivá Perales. "Estudio de los bancos explotables de Donax trunculus y Cha...	<1%
32	Trabajos del estudiante	unasam	<1%
33	Internet	portal.amelica.org	<1%
34	Publicación	GEOSTUDIOS AMBIENTALES S.A.C.. "Segundo ITS del Proyecto de Evaluación de Po...	<1%
35	Publicación	PACIFIC PROTECCION INTEGRAL DE RECURSOS (PIR) SOCIEDAD ANONIMA CERRA...	<1%
36	Internet	apirepositorio.unh.edu.pe	<1%
37	Internet	zagan.unizar.es	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad Científica del Sur	<1%
39	Internet	edoc.pub	<1%

40	Internet	ipt.biodiversidad.co	<1%
41	Internet	reliefweb.int	<1%
42	Internet	www.koreascience.or.kr	<1%
43	Trabajos del estudiante	Pontificia Universidad Catolica del Peru	<1%
44	Publicación	SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad M...	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	<1%
46	Publicación	Adel Bouchakhchoukha, Tarek Menouer, Nitin Sukhija. "A hybrid heuristic for the ...	<1%
47	Internet	www.secs.com.es	<1%
48	Trabajos del estudiante	Universidad de Guadalajara	<1%
49	Internet	americanae.aecid.es	<1%
50	Internet	chiroptera.se	<1%
51	Internet	jonuns.com	<1%
52	Internet	repositorio.uct.edu.pe	<1%
53	Internet	sciendo.com	<1%



54	Publicación	HIDROSUELOS S.A.S., SUCURSAL DEL PERU. "Instrumento de Gestión Ambiental C...	<1%
55	Internet	annapurna.life	<1%
56	Internet	idoc.pub	<1%
57	Internet	repo.uta.edu.ec	<1%
58	Internet	repositorio.ulacit.ac.cr	<1%
59	Internet	repositorio.ulasamericas.edu.pe	<1%
60	Internet	repositorio.unu.edu.pe	<1%
61	Internet	www.mef.gob.pe	<1%
62	Internet	www.scribd.com	<1%
63	Internet	www.southfloridapublishing.com	<1%
64	Publicación	Alex J. Vergara, Sivmny V. Valqui-Reina, Dennis Cieza-Tarrillo, Ysabela Gómez-Sant...	<1%
65	Publicación	Dao Huy Chien, Zenaida N. Ganga, Donita K. Simongo, Cynthia G. Kiswa et al. "The...	<1%
66	Publicación	F Espino, F Tuya, A Brito, RJ Haroun. "Ichthyofauna associated with Cymodocea n...	<1%
67	Publicación	Siyu Lv, Zhen Wu, Jie Xiong. "Linear Quadratic Nonzero-Sum Mean-Field Stochasti...	<1%



68	Internet	digitaIcommons.fiu.edu	<1%
69	Internet	dSPACE.UCUEÑA.EDU.EC	<1%
70	Internet	gRESIS.OSC.INT	<1%
71	Internet	portal.gESTIONDELRIESGO.GOV.CO	<1%
72	Internet	redined.edUCACION.GOB.ES	<1%
73	Internet	repositorio.cATIE.AC.CR	<1%
74	Internet	repositorio.laMOLINA.EDU.PE	<1%
75	Internet	revistas.UCR.AC.CR	<1%
76	Internet	ri.UES.EDU.SV	<1%
77	Internet	www.construmatica.com	<1%
78	Internet	www.elsitioagricola.com	<1%
79	Internet	www.jove.com	<1%
80	Internet	www.monografias.com	<1%
81	Internet	www.oalib.com	<1%

82	Internet	www.risti.xyz	<1%
83	Publicación	WALSH PERU S.A. "EIA del Proyecto Ampliación de la Concentradora Toquepala y ...	<1%
84	Publicación	"XXV IUFRO World Congress: Forest Research and Cooperation for Sustainable", X...	<1%
85	Publicación	Pitre, Isabelle. "Biomaniplulation du meunier noir (Catostomus commersoni ) dan...	<1%
86	Publicación	Trujillo-Rodriguez, Maria Jose. "Desarrollo de Metodologias Analiticas de Microex...	<1%

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL**



**Evaluación de la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio forestal en la comunidad de Lascán - distrito Conchán - provincia Chota – Cajamarca**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**

**AUTOR**

Joel Torres Coronel

**ASESOR**

Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza

  
Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza  
CIP 163858  
Docente UNACH  
Código: 012-2024

**CHOTA – PERÚ**

**FEBRERO, 2025**



**Anexo 01:**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

REG. N° 011-2025-FCA

Siendo las 11 horas, del día 05 de febrero de 2025, los miembros del Jurado de Tesis titulada:

Evaluación de la morfología edificatoria en plantaciones de Pinus patula post incendio forestal en la comunidad de Luzcan - distrito Concha - provincia de Chota - Cuzco, integrado por:

1. Dr. Pedro Javier Mansilla Cordova..... Presidente
2. M.Sc. James Alexander Mamaya Gonzales..... Secretario
3. M.Sc. José Magno Quiroz Gonzales..... Vocal

Sustentada de manera presencial ( X ), virtual ( ) por Bach. Joel Torres Coronel, con la finalidad de

obtener el Título Profesional de (Ingeniero Agroindustrial/Ingeniero Forestal y Ambiental) Terminada la sustentación, con las preguntas formuladas por los integrantes del Jurado y las respuestas otorgadas por el graduando, luego de deliberar, acuerda... (Aprobar, desaprobar) ... la tesis, calificándola con la nota de: (Quince (15)), se eleva la presente Acta al Coordinador de la Facultad de Ciencias Agrarias, a fin de que se le declare EXPEDITO para conferirle el correspondiente título profesional

Colpa Matara, 05 de febrero del 2025

Mansilla  
 Presidente

[Signature]  
 Secretario

[Signature]  
 Vocal

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a Dios quien es el ser que nos regala la vida para concluir con nuestros sueño y metas, por estar en cada paso de mi vida.

A la Universidad Nacional Autónoma de Chota-UNACH, por las oportunidades y facilitarme este espacio de superación y culminación de la investigación y así mismo, por ser parte esencial en mi formación profesional.

A mi asesora Mtr. Denisse Milagros Alva Mendoza por su disposición en todo momento, su paciencia y sus recomendaciones y su apoyo tan importante en toda la investigación.

Un agradecimiento especial a mis padres Mesías Torres Ramos y Estilita Coronel Altamirano, así como a mis hermanos Dilmer Torres Coronel y Nilser Torres Coronel por haberme brindado todo su apoyo para culminar mi carrera profesional.

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por otorgarme la fortaleza requerida para alcanzar cada meta propuesta.

A mi familia, por el apoyo emocional y absoluto durante toda mi carrera universitaria, por cada una de sus enseñanzas y sobre todo por su amor.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN .....	1
ABSTRACT.....	2
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Formulación del problema .....	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Objetivos .....	7
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. Antecedentes .....	9
2.1.1. A nivel internacional .....	9
2.1.2. A nivel nacional.....	11
2.2. Bases teórico- científicas.....	11
2.2.1 El suelo y sus propiedades.....	11
2.2.2 Macrofauna edáfica .....	13
2.2.3 Efecto de los incendios en las propiedades biológicas del suelo .....	15
2.3. Marco conceptual .....	17
2.3.1. Suelo.....	17



2.3.2.	Macrofauna edáfica .....	17
2.3.3.	Plantación forestal .....	17
2.3.4.	Incendio forestal .....	18
2.3.5.	Riqueza taxonómica .....	18
2.3.6.	Densidad.....	18
2.3.7.	Muestra de suelo:.....	19
2.4.	Hipótesis.....	19
2.5.	Operacionalización de Variables.....	19
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....		21
3.1.	Tipo y nivel de investigación .....	21
3.2.	Diseño de investigación .....	21
3.3.	Métodos de investigación.....	23
3.3.1.	Ubicación.....	23
3.3.2.	Equipos, materiales e insumos .....	24
3.4.	Población, muestra y muestreo .....	25
3.4.1.	Población .....	25
3.4.2.	Muestra.....	26
3.4.3.	Muestreo.....	26
3.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	27

3.5.1.	Técnicas de recolección de datos .....	27
3.5.2.	Procedimiento.....	27
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	29
3.7.	Aspectos éticos.....	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....		33
4.1.	Descripción de Resultados .....	33
4.1.1.	Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del suelo.....	33
4.1.2.	Clasificación taxonómica de macrofauna edáfica .....	39
4.1.3.	Índices de diversidad .....	40
4.1.4.	Efectos de los incendios en la abundancia de la macrofauna edáfica .....	41
4.2.	Contrastación de hipótesis .....	44
4.2.1.	Macrofauna edáfica .....	44
4.2.2.	Parámetros fisicoquímicos .....	47
4.3.	Discusión de Resultados .....	53
4.3.1.	Diversidad taxonómica de la macrofauna .....	53
4.3.2.	Parámetros fisicoquímicos .....	58
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		63
5.1.	Conclusiones .....	63
5.2.	Recomendaciones.....	64

CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	65
ANEXOS .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de las variables en estudio .....	20
<b>Tabla 2</b> Clasificación del pH del suelo .....	33
<b>Tabla 3</b> Clases texturales del suelo en áreas muestreadas .....	36
<b>Tabla 4</b> Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica.....	39
<b>Tabla 5</b> Índices de diversidad de macrofauna edáfica en áreas de estudio .....	41
<b>Tabla 6</b> Densidad de macrofauna por m <sup>2</sup> .....	44
<b>Tabla 7</b> Prueba de normalidad para la densidad, abundancia y diversidad.....	45
<b>Tabla 8</b> Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la época húmeda .....	46
<b>Tabla 9</b> Análisis de varianza ANOVA .....	46
<b>Tabla 10</b> Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnova.....	47
<b>Tabla 11</b> Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk .....	48
<b>Tabla 12</b> Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para los parámetros fisicoquímicos.....	49
<b>Tabla 13</b> Correlación de las variables con distribución no normal- Prueba de Spearman .....	50
<b>Tabla 14</b> Prueba ANOVA para los parámetros fisicoquímicos .....	51
<b>Tabla 15</b> Correlación de variables con prueba normal mediante la Prueba Pearson.....	52
<b>Tabla 16</b> Biota en época húmeda.....	80
<b>Tabla 17</b> Biota en época seca .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Diseño de parcelas de evaluación</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Mapa de ubicación de la investigación</i> .....	23
<b>Figura 3</b> <i>Flujograma del proceso metodológico</i> .....	27
<b>Figura 4</b> <i>Promedio de la materia orgánica para época húmeda y seca y zonas afectadas y no afectadas por el incendio</i> .....	34
<b>Figura 5</b> <i>Diagrama textural de la USDA</i> .....	35
<b>Figura 6</b> <i>Promedio de humedad del suelo</i> .....	36
<b>Figura 7</b> <i>Promedio de temperatura del suelo en áreas de estudio</i> .....	37
<b>Figura 8</b> <i>Cantidad de hojarasca</i> .....	38
<b>Figura 9</b> <i>Abundancia de macrofauna de acuerdo con la profundidad</i> .....	42
<b>Figura 10</b> <i>Análisis multivariado con agrupamiento jerárquico utilizando la distancia Euclidiana</i> .....	42
<b>Figura 11</b> <i>Abundancia de macrofauna por familias</i> .....	43
<b>Figura 12</b> <i>Foto del área afectada por el fuego</i> .....	93
<b>Figura 13</b> <i>Foto del área no afectada por el fuego,</i> .....	93
<b>Figura 14</b> <i>Foto de medición y toma de temperatura de la muestra</i> .....	94
<b>Figura 15</b> <i>Etiquetado de muestras</i> .....	94
<b>Figura 16</b> <i>Extracción de macrofauna edáfica</i> .....	95
<b>Figura 17</b> <i>Foto pesado de suelo de cada muestra</i> .....	95
<b>Figura 18</b> <i>Foto de medición del PH</i> .....	96
<b>Figura 19</b> <i>Foto de medición de textura</i> .....	96

## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo analizar el efecto del fuego en la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio forestal en la comunidad de Lazcán, distrito Conchán, provincia Chota, después de tres años del incendio forestal. Se instalaron aleatoriamente 05 parcelas en áreas de plantaciones afectadas por el incendio (AAPF) y 03 parcelas en áreas de plantaciones no afectadas por el incendio (ANAPF), en época seca y húmeda, en cada muestra de suelo se evaluó a distintas profundidades (0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm). Se basó en la metodología TSBF (Programa Internacional de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical) para la toma de muestras y extracción de los macroinvertebrados. Se encontraron 132 macroinvertebrados clasificados en tres familias (Scarabaeidae, Lumbricidae y Formicidae), tres órdenes (Coleoptera, Crassicitellata y Hymenoptera) y dos clases (Insecta y Clitellata). Se demostró que a los 10 centímetros hay mayor cantidad de macroinvertebrados en ambas áreas de estudio, asimismo, para los parámetros de diversidad, densidad y abundancia de la macrofauna edáfica, esta no se ve afectada significativamente en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio.

**Palabras claves:** macrofauna, plantaciones de *Pinus patula*, factores edáficos, fauna edáfica.

## ABSTRACT

The objective of the research was to analyze the effect of fire on the edaphic macrofauna in post-forest fire *Pinus patula* plantations in the Lazcán community, Conchán district, Chota province, three years after the forest fire. 05 plots were randomly installed in areas of plantations affected by the fire (AAPF) and 03 plots in areas of plantations not affected by the fire (ANAPF), in dry and wet seasons, each soil sample was evaluated at different depths (0 to 10 cm, 10 to 20 cm, 20 to 30 cm). It was based on the TSBF (International Tropical Soil Biology and Fertility Program) methodology for sampling and extraction of macroinvertebrates. A total of 134 macroinvertebrates classified into three families (Scarabaeidae, Lumbricidae and Formicidae), three orders (Coleoptera, Crassiclitellata and Hymenoptera) and two classes (Insecta and Clitellata) were found. Three years after the fire in the *Pinus patula* plantations, an increase in the abundance and biomass of edaphic macrofauna was evident; it was shown that in the first 10 centimeters there was a greater amount of macroinvertebrates and organic matter. Therefore, after three years of the forest fire, the edaphic macrofauna in both the wet and dry seasons has increased significantly in the *Pinus patula* plantations.

**Keywords:** macrofauna, *Pinus patula* plantations, edaphic factors.



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Perú es perfecto para cultivar especies arbóreas en sus bosques, gracias a la amplia variedad de climas que tiene, así como por la abundancia de agua disponible; además, cuenta con una amplia variedad de especies de árboles de gran valor económico y ambiental (Chumbe, 2018). No obstante, estos ecosistemas se ven afectados por los incendios y cambios ecosistémicos en el suelo, afectando a la macrofauna. A raíz del incendio forestal, el suelo experimenta una influencia directa, generada por las temperaturas elevadas, y una indirecta provocada por la dispersión de las cenizas a lo largo de la superficie.

La fauna del suelo juega un papel fundamental en el ecosistema, ya que sus acciones están estrechamente vinculadas a los procesos principales de descomposición de los componentes orgánicos, captura de carbono y modificaciones en la estructura del suelo (Flores, 2016), y son responsables de los cambios texturales en el suelo, algunas familias de macroinvertebrados son consideradas como arquitectos del suelo, al construir diversas galerías para sus madrigueras permitiendo la aireación del suelo y el incremento de la materia orgánica. Los macroinvertebrados son indicadores de la existencia de la fertilidad del suelo (Cabrera, 2012).

Los incendios forestales son causantes del deterioro del terreno y modificaciones y alteraciones en la macrofauna existente en la zona. Para Gallardo (2017), la magnitud del fuego afecta considerablemente al suelo, causando cambios negativos y por ende la reducción de organismos. La magnitud de un incendio afecta considerablemente las clases texturales de la zona afectada, también variaciones de pH y humedad. Como consecuencia de los incendios forestales, el suelo está expuesto a impactos directos causados por las altas temperaturas e impactos indirectos debido al esparcimiento en la superficie de las cenizas durante el fuego (Weber & Reyna, 2019).

## 1.1. Planteamiento del problema

Eventos de incendios forestales de grandes proporciones en los ecosistemas del mundo se han incrementado considerablemente en las últimas dos décadas del siglo veinte (Villacís et al. 2022). Los impactos de los incendios forestales dependen de su intensidad y duración, y pueden ser directos, tales como la disminución de la vegetación, animales y degradación del suelo o indirectos tales como la erosión del suelo (Gallardo, 2017) y tienen muchas repercusiones sobre la biomasa y diversidad biológica del suelo (Sánchez, 2015).

En lugares afectados por los incendios se evidencia inestabilidad en los ecosistemas, como arrastre de los horizontes superficiales, alteración de los ciclos biogeoquímicos (Cabrera, 2015), pérdida de formaciones vegetales, cambios en la estructura de las especies, despoblaciones de animales, aves, insectos y microorganismos, variación de las propiedades físicas, químicas y biológicas, entre otros (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre [SERFOR], 2019). De la misma manera, hay reportes de la pérdida de retención de agua en los suelos afectados por los incendios, causado principalmente por la vaporización de sustancias orgánicas (Gil, 2022), cuando el humus es quemado, tanto el nitrógeno como el azufre se convierten en vapor, pero los elementos como el fósforo y el potasio se depositan en el suelo (Minervini et al. 2018).

El fuego puede causar la desaparición de los invertebrados y vertebrados del suelo, causar cambios en el hábitat, por consiguiente, en la diversidad y abundancia de la macrofauna del suelo (Minervini et al. 2018). Los macro y microorganismos del suelo contribuyen a mejorar su calidad agrológica (Vargas & Pérez, 2018), siendo vital para la sostenibilidad de los ecosistemas y esencial en el ciclo de los nutrientes, y por consiguiente en la vida en el planeta. La macrofauna del suelo contribuye en la descomposición de la hojarasca e influye en sus propiedades físicas, como la

densidad aparente, porosidad, infiltración, entre otros (Canales & Carrillo, 2018); sin embargo, se conoce poco acerca de sus características en ecosistemas forestales.

En la región de Cajamarca, los incendios forestales han sido un problema que sigue sucediendo cada año grandes extensiones de bosques naturales son degradados. En 2017, se contabilizaron 11,600 incendios, 22 incendios forestales han sido clasificados como GIF (Grandes Incendios Forestales que superan las 500 hectáreas), impactando 101.000 hectáreas de cobertura vegetal, de igual forma, en la región de Cajamarca, de acuerdo con el informe del Sistema Nacional de Información para la Prevención y la Prevención y Atención de Desastres (SINPAD) ha contabilizado 38 incendios forestales desde 2016 hasta 2018, siendo uno de estos el incendio sucedido el 8 de septiembre de 2018 en la localidad de Huacraruco y Clarín, que ha devastado 307 hectáreas de bosques de pino y eucalipto (Parrilla, 2017).

El 15 de septiembre del 2019, alrededor de las 19:00 horas, se registró un incendio forestal que afectó diversas áreas en la comunidad Lazcán, en el distrito de Conchán, provincia de Chota. El incendio forestal afectó a plantaciones de pinos y otras especies, entre tanto, a la fecha aún no se tienen reportes sobre el estado de la macrofauna del suelo; por tanto, urge cuantificar la macrofauna y con ello inferir la calidad del suelo.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué características tiene la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio forestal en la comunidad de Lazcán, distrito Conchán, provincia Chota, Cajamarca?

### **1.2.2. Problemas específicos**

¿Cuál es la variabilidad taxonómica de la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el área de estudio?

¿Cuál es el efecto del fuego en la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* después de tres años?

¿Cuál es el efecto del incendio en la densidad de la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio?

¿Cuál es la influencia de los parámetros fisicoquímicos en la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el área de estudio?

### **1.3. Justificación**

El suelo es un recurso natural que alberga grandes cantidades de ecosistemas que cumplen funciones vitales y que son propensos a las degradaciones antrópicas. El suelo es un recurso fundamental que brinda diversos servicios ecosistémicos y que favorece a la población humana (Tapia et al. 2016).

La macrofauna cumple un rol muy importante en el suelo, por lo que es necesario conocer si han sido afectados por el incendio forestal. La macrofauna juega un papel crucial en la preservación de los fenómenos ecológicos, particularmente los conocidos como arquitectos del suelo (como termitas, hormigas y lombrices), los cuales modifican la estructura del suelo y la disposición de la materia orgánica para el beneficio de otros seres vivos (Paz et al. 2022). La macrofauna edáfica contribuye a la formación de los componentes texturales del suelo, por lo que es necesario conocer tanto en las zonas afectadas y no afectadas por el incendio forestal. La fauna

del suelo, como una parte fundamental de la diversidad de vida en la tierra, ofrece una variedad de procesos ambientales que benefician el bienestar y la salud de los seres humanos (Cabrera et al. 2021), como es la degradación de los componentes orgánicos, provisión de nutrimentos a las vegetaciones, sostenimiento de la organización del suelo, detención del agua, intervención orgánico de plagas y enfermedades, retención y liberación del carbono (Morlue et al. 2021).

Es necesario conocer el impacto del fuego en la fauna terrestre y el estado en el que se encuentra hoy en día, si al pasar de los años se han ido recuperando e incrementado sus poblaciones tanto en la época húmeda y seca en las zonas evaluadas. El fuego tiene consecuencias adversas para las características del suelo dependiendo de la intensidad del evento (Montico et al. 2023).

La presente investigación contribuirá con el conocimiento de los cambios ocasionados por el fuego en la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* en la comunidad Lazcán, en el distrito de Conchán, en la provincia de Chota. Este tipo de estudios servirá como información de base para proponer medidas de recuperación de ecosistemas afectados por el fuego.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Evaluar la macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio en la comunidad de Lazcán, distrito Conchán, provincia Chota, Cajamarca.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

Realizar la identificación taxonómica de macrofauna edáfica en plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el área de estudio.

Determinar el efecto del fuego en la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* después de tres años.

Estimar el efecto del incendio en la densidad de la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio.

Evaluar la influencia de los parámetros fisicoquímicos en la densidad, abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el área de estudio.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. A nivel internacional

Arias (2021) evaluó los componentes biológicos de la macrofauna en diferentes suelos. El método que utilizó fue la propuesta por Tropical Soil Biology and Productivity (TSBF), utilizando 5 muestras de suelo por finca. Los resultados mostraron el estrato de los primeros diez centímetros, el que se distingue por la notable presencia de macroinvertebrados, específicamente de la familia Lumbricidae, los cuales constituyen el 51,14% del total de macroinvertebrados en la zona de Santo Domingo y el 44,4% en Esmeraldas. Este aspecto en particular tuvo un impacto en que la cantidad de biomasa y su densidad fueran mayores a esa profundidad. En cuanto a los indicadores de biodiversidad y similitud de especies, mostraron con valores de  $H' = 1,89$  y  $1,91$  que estos cultivos no son muy diferentes y ambos campos comparten el 70,5% de especies.

Obregón (2020) examinó la organización y formación de los grupos de escarabajos durante el periodo de cambio después del incendio ocurrido en septiembre de 2018 en Cerro Atacazo. Con la ayuda de trampas se monitoreó el fuego y el área protegida. En total, fueron recolectados 1986 individuos, que se encontraban distribuidos en 12 grupos familiares diferentes y se clasificaron en 73 tipos físicos distintos, además, se identificaron 8 categorías de alimentación en los individuos recolectados. El género más numeroso fue *Dycolus* sp. (Carábidos). El número de escarabajos fue alto en los primeros meses; sin embargo, la riqueza y abundancia de disminuyeron hacia el final de la muestra. Las condiciones posteriores al incendio favorecieron a las especies oportunistas. La comunidad de escarabajos en la capa arbustiva se parecía a la comunidad herbácea dentro de la zona de regeneración debido a la composición de la planta después de la perturbación. La forma



en que los escarabajos se comportan ayuda a entender cómo el ecosistema afectado se está recuperando a partir de las variadas circunstancias que afectan la regeneración de las plantas.

Lidueñas & Moreno (2019) examinaron las repercusiones de la incineración en ciertas comunidades biológicas del terreno. Los resultados obtenidos fueron negativos, dado que el incendio impactó ciertas de las características ecológicas y físicas presentes en los lugares estudiados. Se lograron resultados sumamente relevantes, destacando en la reducción de la riqueza de órdenes y la abundancia de personas. Se alcanzó un alto nivel de significancia para las bacterias ( $p$ -valor= 0,0033), mientras que para los hongos ( $p$ -valor= 0.0973), lo que evidencia que no fue de gran relevancia; no obstante, se observó una variación en su abundancia. Respecto a las características físicas, los hallazgos revelaron un aumento en la densidad superficial y real tras el incendio, a causa del incremento de los compuestos de minerales, al mismo tiempo, se observó una reducción en la porosidad del suelo, a causa de la cohesión de la arcilla debido a la pérdida de humedad a causa de las elevadas temperaturas obtenidas por el incendio.

Sandoval & Suarez (2017) evaluaron las consecuencias del fuego controlado sobre las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Como resultado de comparar las áreas expuestas al fuego y en la zona control, se encontró que la densidad aparente del suelo no cambió en ninguno de los dos sitios estudiados cuando el suelo estuvo expuesto a tal proceso. Sugiriendo que la combustión no afecta esta propiedad bajo las condiciones de estudio. Con relación a las características químicas, se detectaron notables disparidades en la influencia del fuego en cada conjunto de medidas. En cuanto a la diversidad, según el índice de Simpson ( $\lambda$ ) y la equidad, los suelos mostraron altos valores de dominancia ( $\lambda > 0,8$ ), lo que sugiere que los taxones que se encuentran en estos suelos están distribuidos de manera desigual en relación con su abundancia, de modo que algunos de ellos son dominantes. Esto puede ser confirmado por el índice de equidad

de Shannon-Wiener ( $H'$ ), pues sus puntajes para estos dos tipos de suelo oscilaron entre 0,36 y 0,42, así, los suelos los tuvieron los mayores puntajes de diversidad (puntuaciones de equidad), siendo los más diversos los suelos sin quemar, seguidos de suelos quemados.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Ramírez (2022) analizó las características físicas y químicas, el efecto del incendio en la diversidad de especies, el nivel de compactación y la cantidad de organismos vivos en el suelo antes y después del fuego en el área de estudio. Los resultados no muestran contradicciones demostrativas sobre las particularidades físicas del suelo, hallando un suelo franco arcillo limoso (antes de la quema), franco (después de la quema) y franco arcilloso (post quema), con buena densidad, porosidad media dando las condiciones muy buenas para el desarrollo de la agricultura, hubo un incremento en las características químicas del suelo después del incendio, siendo CIC con un p-valor (0,0057), AL p-valor (0,0252), H p-valor (0,0304), y la acidez aumentó con un p-valor (0,0115); se identificaron 11 órdenes en total de macrofauna (Antes), 9 órdenes (Después) y 7 órdenes (post quema) de la parcela.

## **2.2. Bases teórico- científicas**

### **2.2.1 El suelo y sus propiedades**

El suelo cumple tiene un papel crucial en los ecosistemas que constituye el espacio donde se desarrolla múltiples relaciones intra e interespecíficas, es el almacén de componentes orgánicos y de nutrimentos, es el nacimiento de diversidad de microorganismos, entre otros, la macrofauna del suelo permite mejorar su calidad, es esencial para asegurar la continuidad y estabilidad de los sistemas naturales, y juega un papel fundamental en el proceso de reciclaje de los elementos

esenciales para la vida, además, la existencia de estos seres vivos permite la subsistencia de todas las formas de vida en el planeta (Rivero, 2022).

### **A. Propiedades físicas del suelo.**

Las propiedades físicas del suelo son las que predominan en su mayoría, determinan su adecuación para diferentes propósitos en los que los seres humanos lo utilizan; además, el estado físico del suelo influye en su resistencia y capacidad de soporte, facilidad para el enraizamiento de las plantas, nivel de aireación, capacidad de drenaje, capacidad para retener agua, maleabilidad y capacidad para retener nutrientes. (Urriola, 2020). Las propiedades físicas que afectan en la contextura del suelo son la profundidad de la zona de raíces, el régimen hídrico (volumen de agua disponible, drenaje) y el aire (macroporosidad) (Barrett et al. 2016).

**Textura del suelo:** Para Rucks et al. (2004) consiste en una estructura firme compuesta por sustancias orgánicas e inorgánicas que ocupan alrededor de la mitad de su volumen total; la otra mitad está compuesta por poros, los cuales contienen agua y aire en proporciones variables; la característica de la estructura sólida determina muchas de las propiedades físicas del suelo, como la distribución del tamaño de las partículas o textura, estas partículas sólidas generalmente tienen un tamaño que va desde unos pocos nanómetros hasta unos pocos milímetros., para Vargas et al. (2020) lo clasifican en tres tipos en uno de los sistemas más utilizados: arena (0,05-2 mm de diámetro), limo (2-50  $\mu\text{m}$ ), arcilla (menos de 2  $\mu\text{m}$ ). (1  $\mu\text{m}$  = 10<sup>-6</sup>  $\mu\text{m}$ ).

### **B. Propiedades químicas del suelo**

La química del suelo está determinada esencialmente por la materia orgánica y la arcilla, esto se debe a que son la principal fuente de nutrición, ya que la materia orgánica,

independientemente de su origen, es un conjunto de elementos esenciales, que junto con la arcilla aportan diversos nutrientes al suelo, también la relación carbono/nitrógeno del suelo es un indicador muy útil para interpretar la calidad de la materia orgánica en términos de fertilidad (Chaparro & Najera, 2022).

### **C. Propiedades biológicas del suelo**

Las características biológicas del suelo se encuentran vinculadas con la materia orgánica y seres vivos como hongos, microorganismos, simbiosis entre raíces y hongos, gusanos e insectos, entre otros, los cuales participan en la determinación del potencial agrícola del suelo, esta propiedad depende de los ciclos del nitrógeno y del carbono (Calderón et al. 2018).

#### **2.2.2 *Macrofauna edáfica***

La macrofauna edáfica, o macrofauna del suelo, son todos aquellos organismos que intervienen en la desintegración de la materia orgánica del suelo, que miden más de 2 mm y pueden verse a simple vista (Tulandé et al. 2018). Sus condiciones de vida, dieta, movimiento en el suelo, heces y muerte tienen efectos directos e indirectos sobre su ambiente (Romero, 2017). La acción natural de la fauna edáfica organiza los el método y la fecundidad del suelo de la forma imprescindible (Ruiz et al. 2008). A continuación, se presentan las características tanto morfológicas como funcionales de los macroinvertebrados edáficos más importantes desde un punto de vista taxonómico.

**Lombriz de tierra.** Pertenece a la familia Lumbricidae, son gusanos segmentados con un estilo de vida predominantemente terrestre, característico en tierras húmedas y que las dimensiones pueden cambiar desde un centímetro de longitud y dos milímetros de grosor hasta más de un metro

y tres centímetros de longitud y grosor en su etapa adulta (Moreno, 2015). Las lombrices juegan un papel clave en la organización y fertilidad del suelo y también se consideran los trascendentales motores biológicos de los sistemas agrícolas (Masin, 2016). El clima y la temperatura son los principales elementos ambientales que influyen en la distribución y cantidad de lombrices, otro elemento relevante en esta dispersión es la cantidad de material orgánico en la tierra (Mendoza, 2016). Un hábitat adecuado para las lombrices de tierra es aquel que cumple con sus requisitos mínimos el número y clase de la comida, humedad, respiración adecuada de oxígeno, el resguardo UV, pH y temperatura adecuados, y está libre del material nocivo que pueden alterar la actividad osmótica (Momo & Falco, 2015). Familia de Lumbricidae es sensible a ambientes con poca materia orgánica y pH altamente ácido (Sandoval, 2019).

**Gusano blanco:** Pertenece a la familia de Scarabaeidae, que comprende más de 30 000 especies de escarabajos, que son casi exclusivamente herbívoros o saprófagos, es el más diverso entre los coleópteros, tanto en términos de número de especies, apariencia (tamaño, forma, coloración) y estilo de vida (Hesse, 2021), se encuentran a profundidades de 0 a 15 cm, con una minoría alcanzando profundidades de 30 cm (Carmona et al. 1994, se citó en Groba, 2014), prefiere suelos franco arcillosos con pH alcalino y húmedos, lo que les ayuda a construir sus galerías para enterrar el excremento y establecer sus nidos (Vélez & Saavedra, 2019), promueven el ciclo de nutrientes, el dominio de plagas y la difusión secundaria de semillas, brindan servicios efectivos como agentes de control biológico natural y mejoran la clase y la fecundidad de la tierra, de manera similar, su comportamiento de rodar y excavar los convierte en buenos aireadores del suelo y el intercambio de nutrientes (Ramos & Sánchez, 2019). Son sensibles a la degradación de su hábitat (Vaca, 2019), y se ha demostrado que la riqueza de especies disminuye cuando se reduce la

estructura ambiental de las plantas, es ampliamente estudiado como bioindicador de la calidad ambiental (Solano, 2016).

**Hormigas:** pertenece a la familia Formicidae, es el conjunto de insectos más exitosos en el ambiente terrestre, con una biodiversidad de casi 13 000 especies (Vásquez, 2015). Se consideran ingenieros del suelo y al haber cambios en sus poblaciones indica que se ha existido una perturbación en los ecosistemas forestales del lugar (Chamorro, 2022), también para Auquilla (2021) considera que estos grupos son muy sensibles a las diferencias en el uso y la cobertura del suelo, es un indicador de la recuperación de las tierras forestales. Las hormigas construyen varios tipos de nidos en el suelo, que consisten en cámaras y pasillos pueden cubrirse con piedra, madera muerta o alguna otra estructura natural en la superficie del suelo, estos nidos pueden estar rodeados por un cráter del suelo excavado, que también puede usarse para construir una estructura sobre el suelo, en algunas especies que contienen tanto suelo como material orgánico traído de los alrededores, también se han utilizado como una herramienta para analizar entornos con la particularidad contrastantes e identificar signos de cambio de uso del suelo, la riqueza disminuye al aumentar la profundidad, a consecuencia de la perturbación de su hábitat pueden sufrir por compactación del suelo, quemado, acidificación y salinidad típicas de los suelos degradados después de un riego y una quema intensivos (Sabattini, 2019). Las hormigas reaccionan ante las modificaciones en la manera en que se utiliza el terreno, sobre todo en lo referente a la vegetación presente (Marquez & Domínguez, 2023).

### ***2.2.3 Efecto de los incendios en las propiedades biológicas del suelo***

Los incendios forestales naturales o provocados por el hombre son perturbaciones que provocan cambios en la conformación de la flora y las la situación ecológicas de los ecosistemas,

también reducen la biodiversidad, y hacen que los suelos sean vulnerables a la erosión, la gravedad de estos impactos varía considerablemente según el tamaño, la duración y frecuencia de los fuegos, y la capacidad de la vida silvestre y la vegetación para recuperarse (resistencia) (Rangel et al., 2020). La configuración del estado orgánico y la composición química de los terrenos pueden cambiar debido a depósitos de cenizas, mineralización de fracciones orgánicas y la alteración en la estructura florística del área afectada, el efecto más notorio del fuego en los componentes biológicos del suelo es la disminución de la cobertura vegetal, además, causa la muerte de muchos microorganismos presentes en la macrofauna, produciendo considerables cambios en la abundancia y composición de especies que habitan el suelo tales como los invertebrados, también disminuye la biomasa de la macrofauna del suelo (Arcenegui & García, 2016). El efecto drástico que ocasiona el fuego lleva a posibilitar una estabilidad y diversidad vegetal que condujeron a una rápida recuperación de la macrofauna edáfica (Sangay & Guido, 2021).

Los fuegos poco intensos y de poca violencia pueden incrementar de forma leve la cantidad de restos orgánicos en el suelo, debido a la incorporación de material vegetal que no logró quemarse por completo, esto resulta en una mayor unión de las partículas del suelo. Los cambios de temperatura pueden propiciar un aumento en la solidez de las uniones (Gallardo, 2017). Los componentes principales del suelo (arena, limo y arcilla) tienen una resistencia alta al calor, normalmente no se ven perjudicados por incendios a menos que estén expuestos a temperaturas extremadamente altas; el componente más vulnerable en términos de textura es la arcilla, que comienza a modificar su estructura a temperaturas cercanas a los 400 °C y se destruye completamente a temperaturas de 700-800 °C, además, la química del suelo sufre alteraciones significativas en términos de acidez, materia orgánica y fertilidad (Rosero & Osorio, 2015).

Debido al efecto mineralizador de la temperatura, se forman cenizas, liberando soluciones con alta conductividad eléctrica (Ospina, 2017).

## **2.3.Marco conceptual**

### **2.3.1. Suelo**

El suelo posee una importancia primordial y resulta imprescindible para la supervivencia en nuestro planeta (Zuazagoitia et al. 2021). El suelo se constituye por la capa superior de la tierra y el medio ambiente en el cual las plantas pueden crecer, capaz de suministrar los elementos nutritivos requeridos para su crecimiento, retener el agua de las precipitaciones y entregarla a las plantas cuando lo necesiten Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2015).

### **2.3.2. Macrofauna edáfica**

Son organismos invertebrados visibles a simple vista, que tienen un papel en el proceso de desintegración de materia orgánica, pueden habitar en la capa de hojas caídas o en el suelo, incluye una variedad de insectos de gran tamaño, como escarabajos y larvas de moscas, además de otros artrópodos como crustáceos, gusanos y arácnidos (como arañas y escorpiones), los más comunes son hormigas, termitas, ciempiés, lombrices, insectos, caracoles, lombrices de tierra y arañas, que su tamaño puede variar desde 2,00 hasta 20,00 milímetros (Quinto, 2016).

### **2.3.3. Plantación forestal**

Es un área conformada por árboles plantados por el hombre, conformadas por una sola especie (plantación pura) o varias especies (plantación mixta), nativas o introducidas; se instala con fines energéticos, salvaguarda de áreas rurales, resguardo de cuerpos de agua, solución de



dificultades de desgaste del suelo, para aprovechamiento maderable, provisión de servicios ambientales, recreación, entre otras (Lazo & Aguirre, 2018).

#### **2.3.4. *Incendio forestal***

Los incendios forestales suceden en bosques naturales y plantaciones de árboles, son provocados por el ser humano o por la naturaleza, pueden provocar perjuicios ecológicos, climáticos, económicos y sociales, pueden eliminar la vegetación y la fauna del lugar, provocando así la erosión del suelo, aumento de la escorrentía y reducción de la infiltración (Malpartida, 2016).

#### **2.3.5. *Riqueza taxonómica***

La riqueza es la cantidad de géneros y especies que existe en una determinada comunidad de macrofauna del suelo (Cabrera & López, 2018). Es una constituyente de la biodiversidad y se define como el conjunto de especies que se encuentran en un área determinada (Pardo, 2016). La diversidad de especies en cada comunidad depende de la variedad de taxonomía que poseen los organismos presentes, si sus especies pertenecen a distintos géneros la diversidad taxonómica será mayor en su comunidad, además, especialmente si los géneros están vinculados a diferentes grupos familiares (García et al. 2016).

#### **2.3.6. *Densidad***

La densidad de macrofauna (D), es la relación entre la cantidad de individuos (Ind.) y el volumen de suelo (v) (Sánchez, 2015).

### 2.3.7. Muestra de suelo:

Es un fragmento de terreno que se obtiene para evaluar sus características en el laboratorio, y se realizan una serie de procesamientos correctamente llevados a cabo, los cuales nos proporcionarán informes altamente exactos acerca del nivel de nutrientes, propiedades físicas y la actividad biológica del mismo (Salgado et al. 2006).

## 2.4.Hipótesis

- **Hipótesis nula (H0):** La macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula*, luego de tres años post incendio en el distrito de Conchán no está alterada de manera significativa.
- **Hipótesis alternativa (H1):** La macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula*, luego de tres años post incendio en el distrito de Conchán está alterada de manera significativa.

## 2.5.Operacionalización de Variables

### 2.5.1. Variables e indicadores

- Variable dependiente: Macrofauna edáfica: Se medirán diferentes subvariables, tales como: taxonomía, diversidad, densidad, y biomasa.
- Variable independiente: Ocurrencia de fuego, con dos niveles: plantaciones afectadas por el fuego, y plantaciones no afectadas por el fuego.

**Tabla 1***Operacionalización de las variables en estudio*

Objetivo	Variables	Niveles/ Subvariables	Indicador	Unidad de medida	
Determinar el efecto de los incendios forestales en la macrofauna edáfica en las plantaciones de <i>Pinus patula</i> en la comunidad Lazcán, distrito de Conchán, provincia de Chota	Dependiente	Macrofauna del suelo	Taxonomía	Tipo de organismo	Adimensional
			Diversidad	Riqueza media	Número
				Índice de Shannon-Wiener, Índice de Equitatividad de Pielou, índice de Simpson, Índice de Sorensen,	Adimensional
	Densidad	Número de individuos por metro cuadrado	Ind m <sup>-2</sup>		
	Independiente	Ocurrencia de incendio	Plantaciones afectadas por el fuego	Plantaciones quemadas	Ha
			Plantaciones no afectadas por el fuego	Plantaciones intactas	Ha
Época del año		Época seca	Ausencia de precipitaciones	Adimensional	
Época húmeda	Presencia de precipitaciones				

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo cuantitativa, no experimental porque el investigador observó los fenómenos en la forma en que ocurrió naturalmente sin interferir en su desarrollo (Cevallos et al. 2017); es decir, se basa en eventos ya ocurridos (3 años antes) donde se analizaron la influencia del fuego en la macrofauna edáfica por época del año en las plantaciones de *Pinus patula* en la comunidad Lazcán, distrito de Conchán, provincia de Chota. Es de nivel descriptivo que consistió en describir situaciones, circunstancias, fenómenos o incidentes ocurridos y que busca explicar e interpretar los acontecimientos actuales a detalle (Cabezas et al. 2018)

### 3.2. Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño cuantitativo no experimental, porque no se manipularon las variables; y de corte transversal, porque se evaluó en un momento específico.

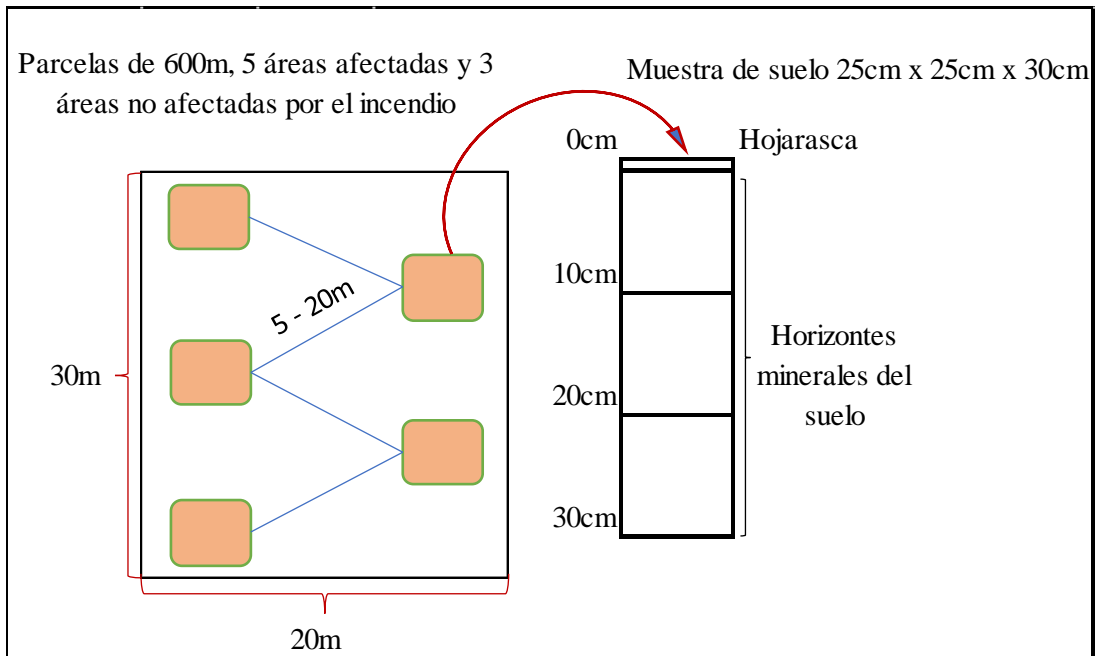
Se instalaron aleatoriamente 05 parcelas de 600 m<sup>2</sup> (30 m \* 20 m) en áreas de plantaciones afectadas por el incendio y 03 parcelas de 600 m<sup>2</sup> en áreas de plantaciones no afectadas por el incendio, en época seca y húmeda. Las parcelas fueron elegidas de forma aleatoria en zonas similares, considerando el tipo de terreno, inclinación del incendio y exposición a la radiación; adicionalmente, se tomaron nota de las coordenadas UTM correspondientes a cada segmento de área.

En cada parcela se seleccionaron 5 muestras de suelo de dimensiones 25 x 25 cm y 30 cm de profundidad, que se instalaron en zigzag y distanciados entre sí al menos 5m y distancias no mayores a 20 m. Cada muestra de suelo se dividió en cuatro estratos: hojarasca o mantillo, 0 – 10

cm, 10 – 20 cm y 20 – 30 cm. El diseño planteado está en función de la metodología de *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* para muestreo de suelos.

### Figura 1

*Diseño de parcelas de evaluación.*



Nota. Fuente: (Moran & Alfar, 2015; Rivero, 2022)

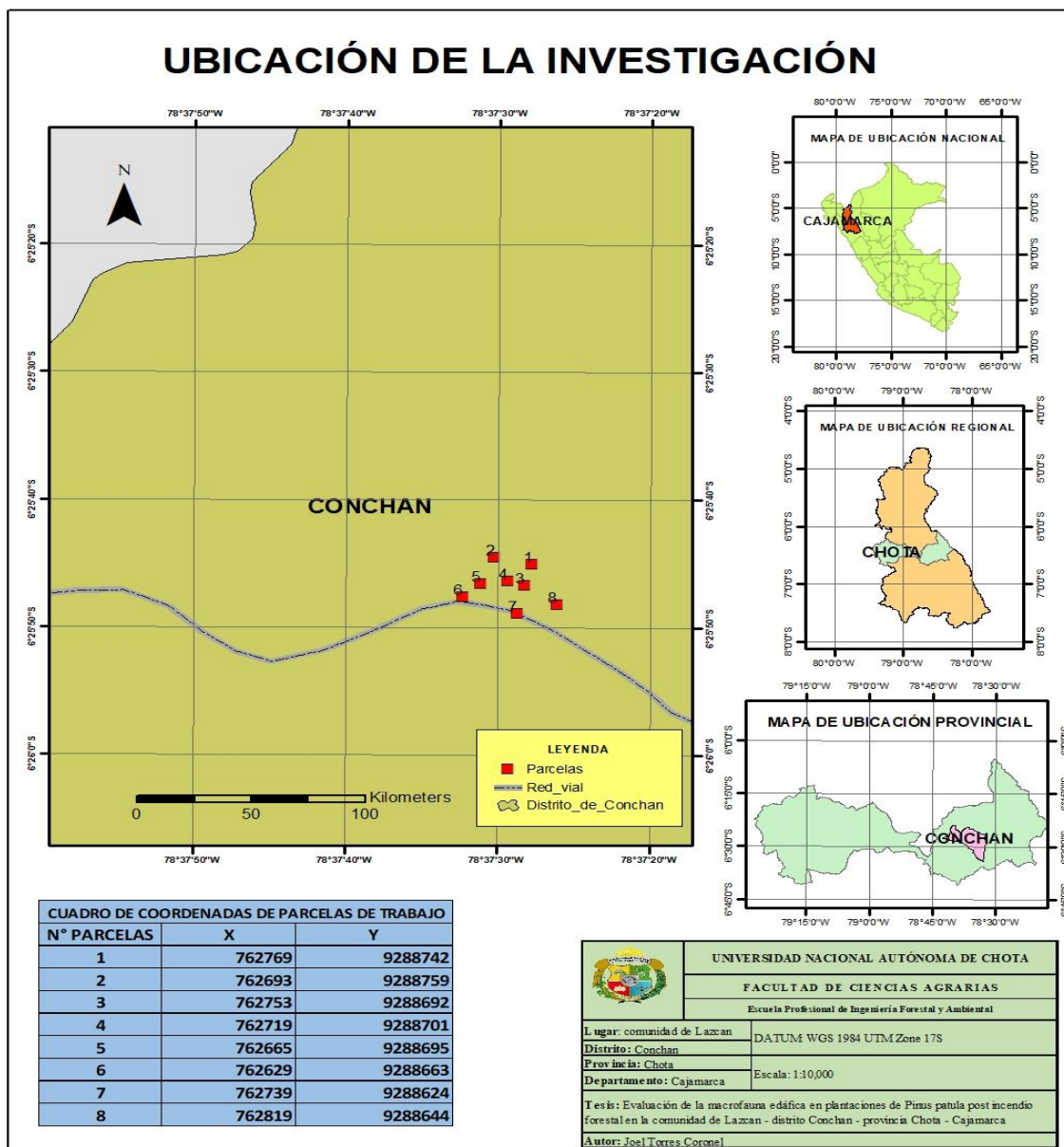
### 3.3. Métodos de investigación

#### 3.3.1. Ubicación

El estudio se llevó a cabo en comunidad de Lazcán, distrito Conchán, provincia Chota, región Cajamarca, ubicado en las coordenadas geográficas 6°25'46'' S y 78°27'39'' O.

**Figura 2**

*Mapa de ubicación de la investigación*



### 3.3.2. Equipos, materiales e insumos

Los equipos empleados fueron ficha de recolección de datos de campo (Anexo 1), ficha de registro de datos de laboratorio (Anexo 2) y etiqueta de identificación (Anexo 3).

#### **Materiales y herramientas**

<b>Trabajo de Campo</b>	✓ GPS
✓ Cuadro de metal de 25 x 25 x 5 cm (muy resistente)	✓ Alcohol 70% en L
✓ Formol al 5 % en L	✓ Lupa de 40x
✓ Pala	✓ Plumones permanentes
✓ Plástico de 2 m x 2 m de color blanco.	✓ picota
✓ Bolsas de 10 cm x 25 cm de plástico transparente.	✓ barreno
✓ Tapers de plásticos color blanco	✓ wincha
✓ Pinzas entomológicas	✓ libreta de apuntes
✓ Claves de identificación	✓ cámara fotográfica
✓ Envases de plástico.	<b>Trabajo de laboratorio</b>
✓ Pinzas.	✓ Balanza digital
✓ Claves de identificación	✓ Estereoscopio
de Insectos, Arácnidos,	✓ Lupa.

✓ Claves de identificación

de Insectos, Arácnidos,

✓ Frascos 60 ml con tapa hermética

✓ Computadora portátil.

✓ Etiquetas.

✓ Cinta adhesiva  
transparente.

### 3.4. Población, muestra y muestreo

#### 3.4.1. Población

La población estuvo formada por la macrofauna edáfica presente en el suelo de las plantaciones de *Pinus patula* afectadas y no afectadas por el fuego en la comunidad de Lazcán, distrito Conchán, provincia Chota, Cajamarca.

**Clima:** El clima del lugar es de tipo semiseco, templado y húmedo durante todo el año, con temperaturas máximas de 26,6°C y mínimas de 12,6°C. El promedio anual de la precipitación es de 776 mm (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2023).

**Fisiografía:** La comunidad de Lazcán corresponde a la categoría de paisaje Montañas sedimentarias creadas sobre areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, bien categorizadas (Alcántara, 2011), se caracterizan por una tonalidad de gris clara, blanca levemente amarillenta que, a medida que el clima cambia, adquieren tonalidades amarillas y rojizas debido al material ferruginoso que contiene (Cruzado & Crisólogo, 2011).

**Pendiente:** La comunidad de Lazcán presenta pendientes desde moderadamente empinada (12 - 25%) a empinada (25 - 50%).



**Vegetación asociada:** En el área de estudio está asociado con plantaciones de aliso (*Alnus acuminata* Kunth), eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.), roble (*Ocotea jumbillensis* O.C. Schmidt), Chilca blanca (*Baccharis latifolia* (Cabezas et al. 2018)

**Actividades económicas:** las principales actividades que se ha identificado son la agricultura y ganadería.

**Eventos de incendios que han ocurrido:** Viernes, 18 de noviembre 2016 a las 3:26 pm registró en el distrito de Conchán provincia de Chota, ocasionando la pérdida de 300 hectáreas de bosque (Instituto Nacional de Defensa Civil, 2016). El 04 de noviembre del 2017, aproximadamente la 01:00 horas, un incendio forestal tuvo lugar, impactando zonas de cobertura natural en la localidad de La Legua, distrito de Conchan, provincia de Chota, Instituto Nacional de Defensa Civil ( INDECI, 2017).

#### **3.4.2. Muestra**

Estuvo conformada por las 08 parcelas muestreadas, en época seca y húmeda (05 en el área afectada por el fuego y 03 en el área no afectada por el fuego), instaladas al azar.

#### **3.4.3. Muestreo**

Se realizó según la Metodología *Programa de Biología y Fertilidad del Suelo*, para lo cual se instalaron aleatoriamente 05 parcelas en áreas afectadas por el fuego y 03 parcelas en área no afectada por el fuego, de 600 m<sup>2</sup> cada una. Las parcelas contaron con 5 muestras de suelo, distribuidas en 4 estratos como se muestra en la figura 1.

### 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Se utilizó como técnicas de recolección de datos el muestreo, la medición y la observación.

#### 3.5.2. Procedimiento

En la figura 3 se esquematizó el proceso metodológico de la investigación.

Se utilizó la metodología *Tropical Soil Biology and Fertility Programme* (TSBF) para el muestreo de suelo y extracción de la fauna edáfica. Se realizó la evaluación en dos épocas: época seca (setiembre 2021) y época húmeda (enero 2022).

Teniendo en cuenta que el incendio ocurrió el 15 de septiembre del 2019, las muestras fueron tomadas a 3 años luego de ocurrido el incendio en el área evaluada.

### Figura 3

#### Flujograma del proceso metodológico

FASE DE CAMPO	1. Zonificación del área de estudio	Área afectada por el incendio	Área no afectada por el incendio
	2. Instalación de parcelas 600m c/u	X 5 parcelas	X 3 parcelas
	3. Extracción de la muestra de suelo 25cm x 25cm x 30cm	X 25 muestras de suelo	X 15 muestras de suelo
FASE DE LABORATORIO	4. Extracción de la macrofauna	Hojarasca o mantillo 0cm - 10cm 10cm - 20cm 20cm - 30cm	
	5. Preservación de la muestra	Formol al 5% para lombrices Alcohol al 70% para otros organismos	
	6. Identificación de la macrofauna		

✓ **Fase de campo**

**a. Zonificación del área de estudio**

Se realizó un recorrido por el área de estudio con el fin de identificar y georreferenciar las áreas afectadas y no afectadas por el incendio forestal. Asimismo, se eligieron áreas al azar para la instalación de 3 parcelas de 600 m<sup>2</sup> en áreas no afectadas por incendios y 5 parcelas en áreas afectadas.

**b. Instalación de parcelas**

Con una wincha se delimitó cada parcela de evaluación de dimensiones 30 m x 20 m (600 m<sup>2</sup>) considerando criterios de intensidad del fuego, pendiente y exposición a la radiación. Asimismo, se señalaron con una estaca los cinco puntos por cada parcela para la extracción de muestras de suelos.

**c. Extracción de las muestras de suelos**

Con una palana se abrió un hoyo en el suelo con el fin de extraer la muestra de suelo de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad. Las muestras fueron depositadas en bolsas ziploc debidamente etiquetadas y considerando cuatro estratos (hojarasca o mantillo, 0 – 10 cm, 10 cm – 20 cm y 20 - 30 cm).

✓ **Fase de Laboratorio**

**a. Extracción de macrofauna**

La macrofauna fue extraída manualmente, usando una pinza entomológica, lupa y estereoscopio.

**b. *Preservación de muestras***

En la preservación de los macroinvertebrados recolectados se utilizó formol al 5% en el caso de las lombrices y para el resto de los individuos se utilizó alcohol al 70%.

**c. *Identificación de macrofauna***

A través de observaciones, utilizando un estereoscopio, claves taxonómicas, manuales de identificación y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos, se reconocieron y describieron las especies recolectadas.

Se evaluó riqueza taxonómica, diversidad de la macrofauna y densidad de la macrofauna.

Se complementó la investigación con el análisis de pH, humedad, textura de suelo, temperatura y porcentaje de materia orgánica.

**3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

A partir de las colectas de los individuos de macrofauna edáfica y mediciones realizadas en laboratorio se calcularon los siguientes indicadores:

**Riqueza media (SM):** representa el número medio de macrofauna, a nivel de grupos funcionales, recolectados obtenidos por cada muestra de suelo (Vela, 2015).

$$SM = \sum \frac{s}{m} \dots\dots\dots (1)$$

SM: riqueza media

S: Unidades taxonómicas o N° de especies.

m: número de muestras de suelo.

**Índice de Shannon-Wiener:** Calcula el nivel medio de vacilación para pronosticar la especie de un individuo elegido al azar de una colección, asumiendo que los individuos son escogidos al azar y que todas las especies están incluidas en la muestra, y toma valores desde cero, en el caso de que exista únicamente una especie, hasta el logaritmo de S, cuando todas las especies están igualmente incorporadas en términos de número de individuos (Luna et al., 2022).

$$H' = - \sum p_i * \ln(p_i) \dots\dots\dots (2)$$

$$p_i = \frac{n_i}{N} \dots\dots\dots (3)$$

H': Índice de Shannon Wiener.

n<sub>i</sub>: número de individuos por especie N: número total de individuos en una muestra

p<sub>i</sub>: proporción de observaciones en cada categoría (n<sub>i</sub>/N) ln: Logaritmo natural.

**Índice de Equitatividad de Pielou:** Analiza la correlación entre la variedad observada y la variedad máxima esperada, el rango de su importancia oscila entre 0 y 0,1, de tal manera que el valor de 0,1 se asocia a circunstancias en las que todas las especies tienen la misma cantidad de individuos (Aguirre, 2019).

$$J = \frac{H'}{\ln_2 S} \dots\dots\dots (4)$$

J: Índice de Equitatividad de Pielou

H': Índice de Shannon Wiener.

S: Número de especies.

**Índice de dominancia de Simpson:** Señala la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en un grupo convivan de la misma variedad, está intensamente afectada por la relevancia de las especies más predominantes (Martínez, 2022).

$$\lambda = \sum p_i^2 \dots\dots\dots (5)$$

$\lambda$ : índice de Simpson

Pi: proporción de individuos superior al cuadrado de la población total

**Índice Sorensen cuantitativo:** Determina el grado de similitud cuantitativo entre las estaciones estudiadas (Hernández et al., 2018).

$$ISC = \left( \frac{2jN}{a_N + b_N} \right) \times 100 \dots\dots\dots (7)$$

ISC: Índice Sorensen cuantitativo

a<sub>N</sub>: N° total de individuos (estación “a”).

b<sub>N</sub>: N° total de individuos (estación “b”).

j<sub>N</sub>: Suma de los valores más bajos para cada una de las especies compartidos en ambas estaciones.

**Densidad (ind/m<sup>2</sup>):** Se determinará contando el número total de macroinvertebrados por área de suelo

$$DS = \frac{Lnd}{a} \dots\dots\dots (8)$$

Ds: densidad

Ind: número de individuos

a: área de suelo

Todos los datos fueron tabulados en Microsoft Excel y posteriormente se realizó un análisis de normalidad, seguidamente se realizó análisis de variancia (ANOVA) con 5 % de probabilidad con un nivel de significancia del 0,05, también se realizó pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis para comprobar la significancia de la macrofauna en las zonas afectadas y no afectadas evaluadas en época húmeda y época seca. Además, se llevó a cabo un estudio de múltiples variables de componentes principales y de grupos mediante el método de agrupamiento jerárquico utilizando la distancia Euclidiana para poder observar de manera más clara la similitud de la vida macroscópica del suelo en áreas que fueron afectadas y no afectadas por el incendio forestal en los cultivos de *Pinus patula*, tres años después de que ocurriera el evento. Todos estos análisis se realizaron mediante el software estadístico InfoStat versión 2020 y IBM SPSS Statistics 26

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación se llevó a cabo con responsabilidad y veracidad, desde la recolección de las muestras hasta el análisis de laboratorio. Se afirma que no hay situaciones de conflicto de interés en la presente investigación.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. Descripción de Resultados

#### 4.1.1. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos del suelo

En la época húmeda, se realizó la recolección de las muestras el 15 de febrero del 2022, tanto de la parte afectada y no afectada por el incendio forestal, luego fueron evaluadas todas las muestras por un periodo de cuatro semanas. En época húmeda se realizó la recolección de las muestras el 20 de julio del 2022 tanto de la parte afectada y no afectada por el incendio forestal, luego fueron evaluadas todas las muestras por un periodo de cuatro semanas, todas las evaluaciones se realizaron en el laboratorio de suelos de la escuela profesional de ingeniería forestal y ambiental – UNACH

**A. pH del suelo.** El análisis del pH del suelo se realizó a diferentes profundidades (0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm) tanto para el área afectada como para la no afectada por el incendio forestal.

*Nota.* ANPF: no afectada por el suelo, AAPF: área afectada por el fuego

**Tabla 2**

*Clasificación del pH del suelo*

Épocas	Condición de estudio	Estratos (cm)	pH	Clasificación
Húmeda	AAPF	0 – 10	6,6	Muy levemente ácido
		10 -20	6,6	Muy levemente ácido
		20 – 30	6,5	Levemente ácido
Húmeda	ANAPF	0 – 10	5,4	Fuertemente ácido
		10 -20	5,4	Fuertemente ácido
		20 – 30	6,1	Levemente ácido



		0 – 10	6,0	Moderadamente ácido
	AAPF	10 -20	5,9	Moderadamente ácido
Seca		20 – 30	6,0	Moderadamente ácido
		0 – 10	5,3	Fuertemente acida
	ANAPF	10 -20	5,6	Moderadamente acida
		20 – 30	5,6	Moderadamente acida

*Nota.* La clasificación del pH se tomó como base a Cremona & Enriquez (2020).

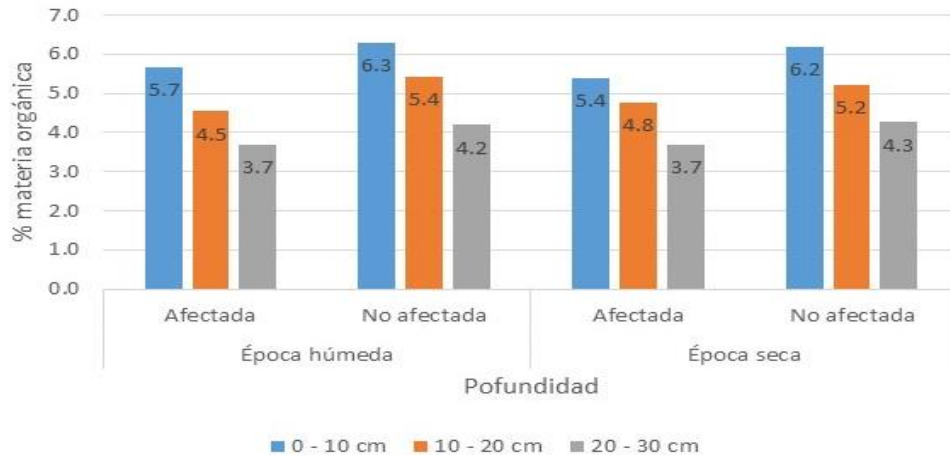
En los resultados se registró que en AAPF en época húmeda se presenta un pH mayor a comparación con el AAPF en época seca (tabla 2). Por otra parte, los resultados obtenidos para el ANAPF en la época húmeda presentan un pH menor en comparación con el ANAPF en época seca. Asimismo, se evidenció que, en la época seca, el suelo es más ácido.

## **B. Materia orgánica**

Se encontró mayor cantidad de materia orgánica a una profundidad de 0-10 cm como se demuestra en la figura 4). En época seca y húmeda los valores registrados son 6,3 % y 6,2 %, respectivamente.

### **Figura 4**

*Promedio de la materia orgánica para época húmeda y seca y zonas afectadas y no afectadas por el incendio*

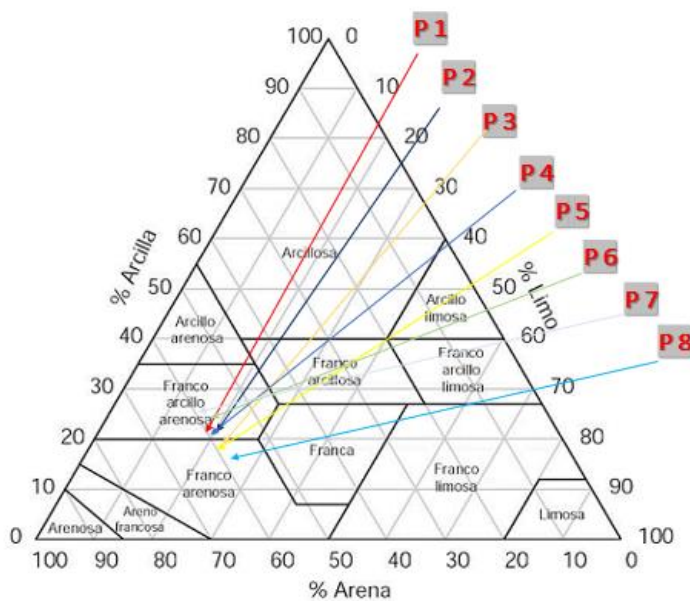


Nota. AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego

**C. Textura del suelo.** Se evaluaron las ocho parcelas, cinco de la parte afectada y tres de la parte no afectada, y se clasificaron según al diagrama textural del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) como se representa en la (figura 5).

**Figura 5**

Diagrama textural de la USDA



Nota. Fuente: (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 2016)

**Tabla 3***Clases texturales del suelo en áreas muestreadas*

Condición de estudio	Parcelas	Época húmeda			Época seca			Clase textural
		Arena %	Arcilla %	Limo %	Arena %	Arcilla %	Limo %	
<b>AAPF</b>	P1	60,2	22	17,8	60,2	22	17,8	FrArA
	P2	61,2	22	16,8	61,2	22	16,8	FrArA
	P3	61	18	21	61	18	21	FrA
	P4	60,8	20	19,2	60,8	20	19,2	FrA
	P5	60	18	22	60	18	22	FrA
<b>ANAPF</b>	P6	62,3	20	17,7	62,3	20	17,7	FrA
	P7	60,7	24	15,3	60,7	24	15,3	FrArA
	P8	61,1	16	22,9	61,1	16	22,9	FrA

*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego.

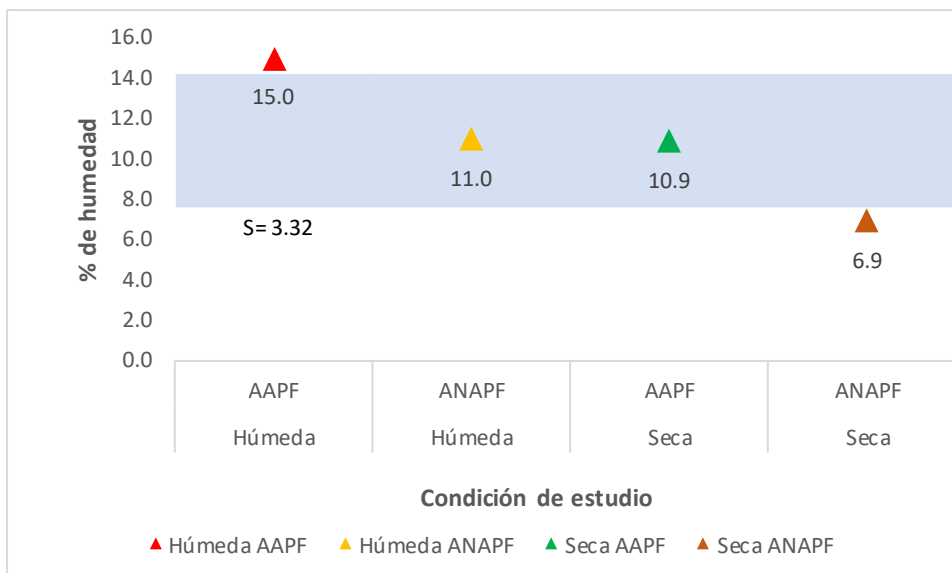
La textura del suelo de las ocho parcelas se clasificó en franco arcilloso areno (FrArA) y franco arenoso (FrA) (tabla 3). La textura del suelo no varía con la época de muestreo pues es un parámetro estático a lo largo de los años.

#### **D. Humedad**

La humedad se obtuvo por muestras de suelo (figura 6). Se observó un incremento en el porcentaje de humedad en el AAPF y ANAPF en la época húmeda con promedios de 15% y 10,6 % respectivamente. Por otra parte, en el AAPF y ANAPF en época seca se registró un promedio de 10,9% y 6,9%, respectivamente. Las parcelas con mayor porcentaje de humedad fueron en la época húmeda.

#### **Figura 6**

*Promedio de humedad del suelo*



Nota. AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego

La desviación de la humedad en la época húmeda y seca de las áreas afectadas y no afectadas en el post incendio forestal, con respecto a su promedio es de 3,32 % (en la figura 6 representa la parte sombreada). En plantaciones de *Pinus patula* se evidencia que a mayor área afectada por el fuego en época húmeda mayor será el porcentaje de humedad. En cambio, en época seca en áreas no afectadas por el post incendio se obtendrá menor humedad.

## E. Temperatura

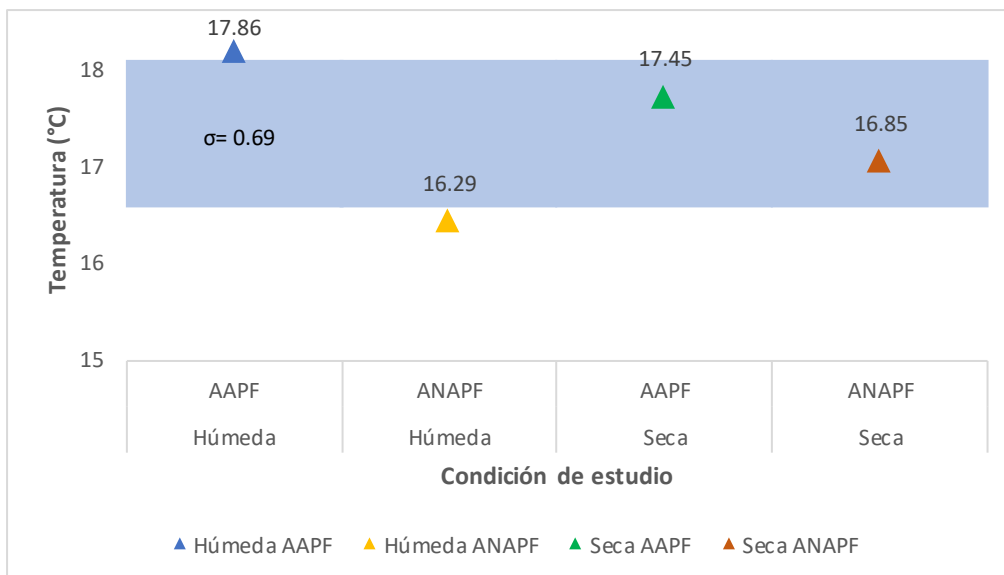
La temperatura se evaluó por muestras de suelo, como se especifica en la figura 7.

En la época húmeda en el AAPF tuvo mayor temperatura de suelo con 17, 86 °C, en comparación con la época seca en el AAPF con 17, 45 °C.

En la época húmeda en el ANPF tuvo menor temperatura de suelo con 16, 29 °C y en la época seca ANPF con mayor temperatura de 16, 85 °C.

### Figura 7

*Promedio de temperatura del suelo en áreas de estudio*



Nota. AAFP: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego

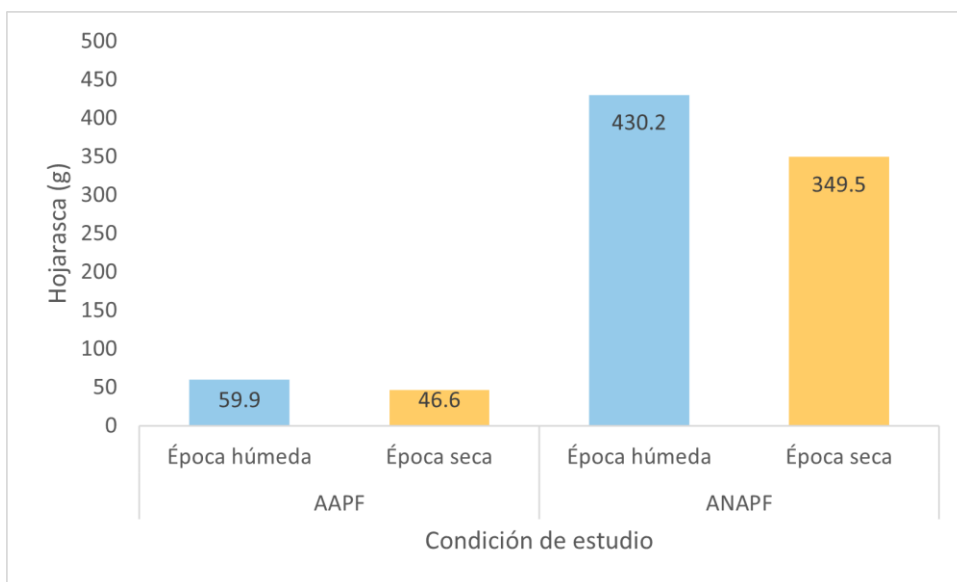
La desviación de la temperatura en la época y húmeda y seca de las áreas afectada y no afectadas en el post incendio forestal con respecto a su promedio es de 0,69°C (en la figura 7 representa la parte sombreada). En plantaciones de *Pinus patula* se evidencia que a mayor humedad en áreas afectadas por el post incendio mayor será la temperatura a comparación con el área no afectada en época húmeda que evidenció menor temperatura.

## F. Hojarasca

En el análisis de hojarasca, se registró mayor cantidad en la zona no afectada por el fuego, con 430,2 g/m<sup>2</sup> (4,302 tha<sup>-1</sup>) en época húmeda y 349,5 g/m<sup>2</sup> (3,495 tha<sup>-1</sup>) en época seca (Figura 8).

### Figura 8

*Cantidad de hojarasca*



Nota. ANPF: no afectada por el suelo, AAPF: área afectada por el fuego

#### 4.1.2. Clasificación taxonómica de macrofauna edáfica

Para calcular la variedad de especies en las regiones examinadas, se procedió a la clasificación de macroinvertebrados según su categoría. Se encontraron dos clases (Insecta y Clitellata), tres órdenes (Coleoptera, Crassiclitellata y Hymenoptera) y tres familias (Scarabaeidae, Lumbricidae y Formicidae) (Tabla 4), las familias encontradas fueron iguales en ambas épocas y condiciones de estudio.

**Tabla 4**

*Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica*

Época	Condición		Grupo				
	de estudio	Clase	Orden	Familia	Nombre común	funcional	Cantidad
Húmeda	AAPF	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Gusano blanco	Predador	41
		Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	Lombriz de tierra	Anélidos	14
	ANPF	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Gusano blanco	Predador	22
		Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	Detritívoro	4
		Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	Lombriz de tierra	Anélidos	15

<b>Seca</b>	AAPF	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Gusano blanco	Predador	13
		Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	Lombriz de tierra	Anélidos	1
		Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	Detritívoro	6
	ANPF	Insecta	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	Detritívoro	7
		Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Gusano blanco	Predador	6
		Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	Lombriz de tierra	Anélidos	3
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>3</b>			<b>132</b>	

*Nota.* ANPF: no afectada por el suelo, AAPF: área afectada por el fuego

#### 4.1.3. Índices de diversidad

Los índices de diversidad (tabla 5) demuestran que los valores del índice de Shannon-Wiener, en la zona afectada por el fuego, en época seca y húmeda, son significativamente mayores (1,29 a 1,21) en comparación a la zona no afectada por el incendio forestal.

Para los resultados del índice de equidad de Pielou, demostró diferencias significativas en la diversidad de macrofauna, ya que en la época húmeda evidenció cambios significativos (0,38) en comparación con la época seca que hubo un incremento de 0,37 en la zona no afectada a 0,46 zona afectada.

El indicador de dominancia de Simpson indica variación significativa entre las zonas no afectadas (siendo de 0,35 en época húmeda y 0,44 en época seca) en comparación a las zonas afectadas por el incendio forestal (0,25 época húmeda y 0,29 época seca).

Para el índice Sorensen cuantitativo (%), se evidenció una baja similitud de la macrofauna edáfica, tanto en la época húmeda en zonas afectadas y no afectadas por el incendio (22,45%, 29,25%) y en la época seca en zonas afectadas y no afectadas por el incendio (23,33%, 27,78%).

**Tabla 5***Índices de diversidad de macrofauna edáfica en áreas de estudio*

Época	Condición de estudio	Índice de diversidad			
		Shannon Wiener	Equitatividad de Pielou	Dominancia de Simpson	Sorensen cuantitativo (%)
<b>Húmeda</b>	AAPF	1,21	0,38	0,25	22,45
	ANAPF	1,07	0,38	0,35	29,25
<b>Seca</b>	AAPF	1,29	0,46	0,29	23,33
	ANAPF	0,95	0,37	0,44	27,78

*Nota.* ANPF: no afectada por el suelo, AAPF: área afectada por el fuego

#### **4.1.4. Efectos de los incendios en la abundancia de la macrofauna edáfica**

##### **- Estimación de la variación de la macrofauna edáfica en la profundidad**

Se comprobó que la diversidad de especies y la cantidad de macroinvertebrados cambian en función de la profundidad del suelo (Figura 9).

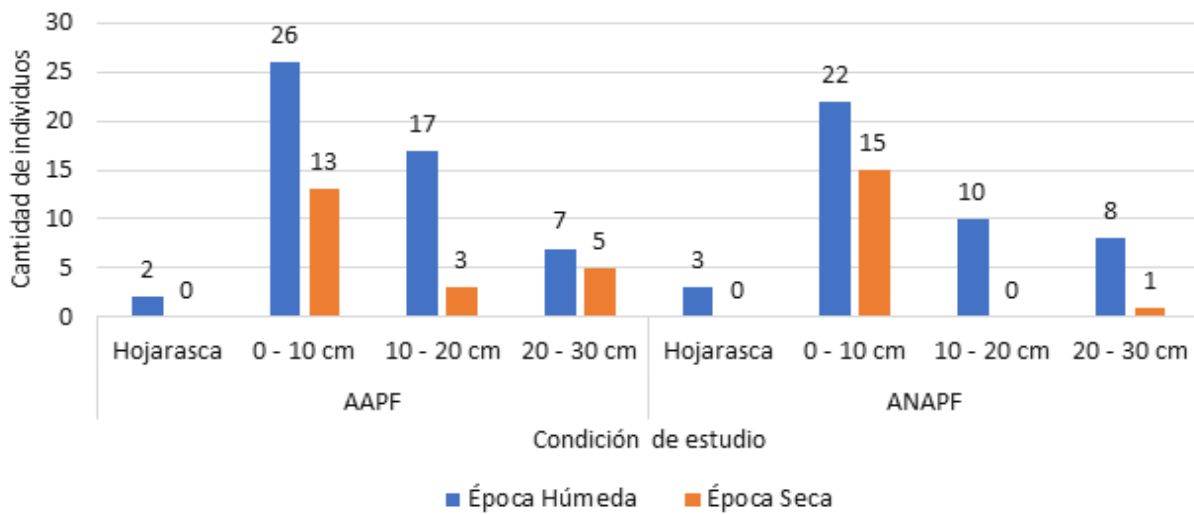
- **Hojarasca.** La presencia de individuos fue pocos en AAPF y ANAPF en época húmeda, registrando 2 y 1 individuos, respectivamente. En AAPF y ANAPF, en época seca, no se registraron especies.
- **0 - 10 centímetros.** Se registró mayor presencia de individuos en AAPF y ANAPF en época húmeda de 26 y 22 organismos respectivamente. En AAPF y ANAPF en época seca 13 y 15 macroinvertebrados respectivamente.
- **10 - 20 centímetros.** La presencia de macrofauna en AAPF y ANAPF en época húmeda se registró 17 y 10 respectivamente. En AAPF y ANAPF en época seca 3 y 0 macroinvertebrados respectivamente.



- **20 - 30 centímetros.** Se registró poca presencia de macrofauna en AAPF y ANAPF, en época húmeda se registró 7 y 8 respectivamente. En AAPF y ANAPF en época seca 6 y 1 macroinvertebrado, respectivamente.

**Figura 9**

*Abundancia de macrofauna según estratos del suelo*

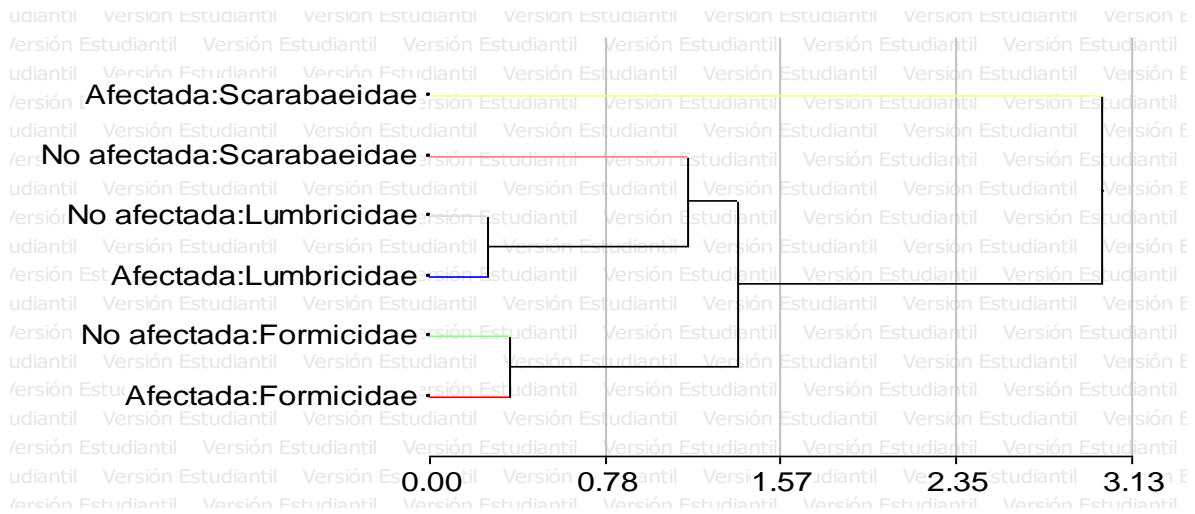


*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego.

La mayor cantidad de macrofauna se encontró, tanto en el área afectada y no afectada por el fuego, a una profundidad de 0-10 cm (Figura 9), para Groba, (2014) menciona que familia de Scarabaeidae se encuentran a profundidades de 0 a 15 cm, con una minoría alcanzando profundidades de 30 cm.

**Figura 10**

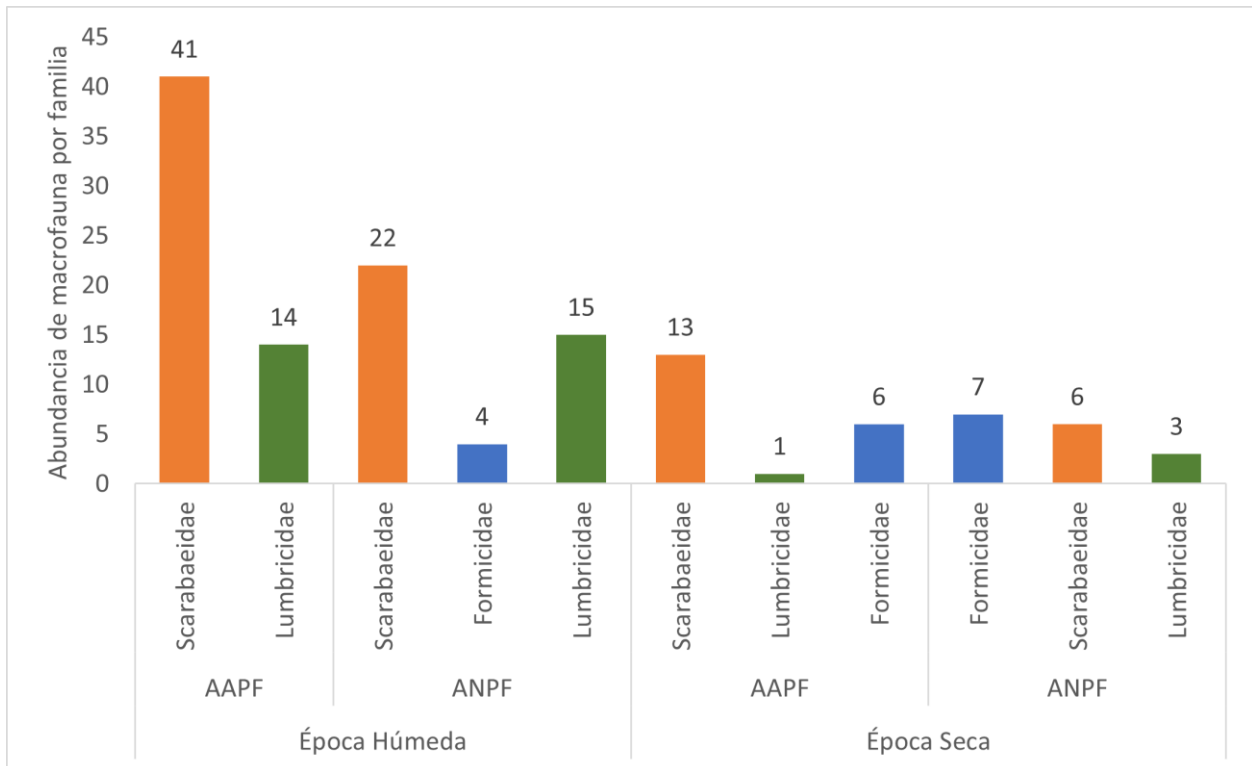
*Análisis multivariado con agrupamiento jerárquico utilizando la distancia Euclidiana*



En el agrupamiento jerárquico se distingue tres grupos, como se observa en la figura 10, y las familias que destacan son Scarabaeidae, Lumbricidae y Formicidae en toda la zona de estudio que se evaluó son las únicas que se encontraron tanto en la época húmeda y época seca y en la zona afectada y no afectada.

**Figura 11**

*Abundancia de macrofauna por familias*



*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego

La mayor macrofauna encontrada es la familia Scarabaeidae como se observa en la (figura 11), encontrándose en la época húmeda en la zona afectada con 41 individuos, para Hesse (2021), describe que familia Scarabaeidae comprende más de 30 000 especies de escarabajos, que son casi exclusivamente herbívoros o saprófagos, estos prefieren reproducirse en presencia de restos vegetales, árboles en descomposición, y en suelos con presencia de cenizas.

#### **4.1.5. Efectos de los incendios en la densidad de la macrofauna edáfica**

##### **- Densidad**

La densidad varía significativamente, siendo las zonas afectadas con mayor cantidad de individuos, que va desde 880 ind/m<sup>2</sup> época húmeda y 320 ind/m<sup>2</sup> época seca a comparación con las zonas no afectadas que están desde 625 ind/m<sup>2</sup> época húmeda y 256 ind/m<sup>2</sup> poca seca (tabla 6).

**Tabla 6**

*Densidad de macrofauna por m<sup>2</sup>*

<b>Época</b>	<b>Condición de estudio</b>	<b>Densidad (ind m<sup>-2</sup>)</b>
Húmeda	AAPF	880
	ANAPF	656
Seca	AAPF	320
	ANAPF	256

*Nota.* ANPF: no afectada por el suelo, AAPF: área afectada por el fuego

#### **4.2. Contrastación de hipótesis**

##### **4.2.1. Macrofauna edáfica**

##### **A. Pruebas de normalidad**

Se calculó la forma de distribución de los datos para las variables de abundancia, densidad y diversidad a través de Kolmogorov Smirnov, debido a que la cantidad de información supera los 50 datos ( $n < 50$ ) con un nivel de significancia de 0,05 (Tabla 7).

- **H0:** Si  $p > 0,05$ , distribución Normal
- **H1:** Si  $p < 0,05$ , distribución No Normal

**Tabla 7**

*Prueba de normalidad para la densidad, abundancia y diversidad*

Macrofauna	Condición de estudio	Época	Profundidad (cm)	Kolmogórov-Smirnov		
				Estadístico	Gl	Sig.
Densidad	AAPF	Húmeda	0, 0-10, 10-	,276	8	,072
	ANAPF		20, 20-30			
Abundancia	AAPF			,276	8	,072
	ANAPF					
Diversidad	AAPF			,403	160	,000
	ANAPF					
Densidad	AAPF	Seca	0, 0-10, 10-	,443	8	,000
	ANAPF		20, 20-30			
Abundancia	AAPF			,443	8	,000
	ANAPF					
Diversidad	AAPF			,514	160	,000
	ANAPF					

*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego.

Mediante la prueba de normalidad, se determinó que en la época húmeda la densidad y la abundancia siguen una distribución normal ( $p > 0,05$ ), por lo que se aplicó ANOVA. En cambio, en la época seca la distribución no normal ( $p < 0,05$ ) para la densidad, abundancia y diversidad, como

también la diversidad en época húmeda, por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis

## B. Pruebas de hipótesis para abundancia y diversidad de macrofauna

**Hipótesis nula (H0):** los incendios forestales no alteran la macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán.

**Hipótesis alternativa (H1):** los incendios forestales alteran la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán.

**Tabla 8**

*Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la época húmeda*

Variable	Época	Gl	P
Densidad Ind m <sup>-2</sup>	Seca	7	0,0853
Abundancia de organismos	Seca	7	0,0853
Diversidad	Seca	7	0,4070
Diversidad	Húmeda	7	0,0754

Mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la época seca y húmeda se acepta la hipótesis nula ( $p > 0,05$ ) tanto para densidad, abundancia y diversidad de macrofauna (tabla 8), por lo tanto, al cabo de tres años desde el incendio forestal, no se evidencia la alteración de la macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula*.

**Tabla 9**

*Análisis de varianza ANOVA*

				Suma de Gl	Media	F	Sig.	
				cuadrados	cuadrática			
Densidad en época húmeda	entre	grupos	Entre grupos	,004	7	,001	,394	,867
			Dentro de grupos	,037	24	,002		
			Total	,041	31			

Abundancia de organismos época húmeda	Entre grupos	11,969	7	1,710	,394	,597
	Dentro de grupos	104,250	24	4,344		
	Total	116,219	31			

Mediante el análisis de varianza (ANOVA) se evidenció que no existe diferencia significativa en la densidad y abundancia de la macrofauna edáfica (significancia mayor a 0,05) (tabla 9); por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, indicando que luego de tres años de los incendios forestales, no se evidencia alteración significativa de la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* en el distrito de Conchán.

#### 4.2.2. Parámetros fisicoquímicos

##### A. Pruebas de normalidad

Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnova ( $50 > n$ ) para las variables de temperatura, pH y materia orgánica; Shapiro Wilk se aplicó para arena, limo, arcilla, humedad y hojarasca, con un nivel de significancia de 0,05.

**H0:** Distribución normal ( $p > 0,05$ ).

**H1:** Distribución no normal ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov*

	Condición de estudio	Épocas	Profundidad (cm)	Estadístico	Gl	Sig.
T (°C)	AAPF	Húmeda	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,401	24	,000
	ANAPF					
	AAPF	Seca	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,401	24	,000
	ANAPF					
Ph	AAPF	Húmeda	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,254	24	,000

	ANAPF					
	AAPF	Seca	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,107	24	,000
	ANAPF					*
% materia orgánica	AAPF	Húmeda	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,105	24	,200
	ANAPF					*
	AAPF	Seca	0 - 10, 10 - 20, 20 - 30	,121	24	,200
	ANAPF					*

*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego.

Mediante la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnova (tabla 10) se determinó que temperatura y pH presentó una distribución no normal ( $p < 0,05$ ), por lo que se empleó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, en cambio, la materia orgánica presentó distribución normal por lo que se aplicó análisis de variancia (ANOVA).

**Tabla 11**

*Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk*

	Condición de estudio	Época	Estadístico	Gl	Sig.
% arena	AAPF	Húmeda	,912	8	,371
	ANAPF				
	AAPF	Seca	,912	8	,371
	ANAPF				
% de arcilla	AAPF	Húmeda	,965	8	,857
	ANAPF				
	AAPF	Seca	,965	8	,857
	ANAPF				
% limo	AAPF	Húmeda	,957	8	,777
	ANAPF				
	AAPF	Seca	,957	8	,777
	ANAPF				
% de humedad	AAPF	Húmeda	,960	8	,810

<b>Hojarasca (gm<sup>-2</sup>)</b>	ANAPF				
	AAPF				
	ANAPF	Seca	,871	8	,155
	AAPF				
	ANAPF	Húmeda	,750	8	,008
	AAPF				
	ANAPF	Seca	,740	8	,006

*Nota.* AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego.

Mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determinó que % arena, % arcilla, % limo y % humedad presentó distribución normal, por lo que se empleó análisis de varianza (ANOVA), en cambio, la hojarasca presentó distribución no normal por lo que se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y hojarasca.

## B. Prueba de hipótesis para parámetros fisicoquímicos

**Hipótesis nula (H0):** los incendios forestales no alteran la macrofauna edáfica de las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán.

**Hipótesis alternativa (H1):** los incendios forestales alteran la macrofauna edáfica en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán.

**Tabla 12**

*Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para los parámetros fisicoquímicos*

Variable	Épocas	Condición de estudio	N	Medias	D.E.	Medianas	GI	P
T(°C)	Húmeda	AAPF	5	15,660	0,055	15,700	5,000	0,141
		ANAPF						
	Seca	AAPF	5	15,660	0,055	15,700		
		ANAPF						



pH	Húmeda	AAPF	5	6,543	0,188	6,498	5,000	0,006
		ANAPF						
	Seca	AAPF	5	5,954	0,298	5,820		
		ANAPF						
Hojarasca	Húmeda	AAPF	5	59,898	19,057	52,884	5,000	0,036
		ANAPF						
	Seca	AAPF	5	46,618	7,336	45,978		
		ANAPF						

*Nota*, AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego,

Durante el análisis con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis se concluyó que la temperatura presenta diferencias significativas ( $p=0,141$ ), entonces se acepta la hipótesis nula (luego de tres años no se evidencia cambios significativos en la temperatura del suelo de las plantaciones de *Pinus patula* en el distrito de Conchán).

El pH y la hojarasca presentan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), entonces se acepta la hipótesis alternativa (los incendios forestales alteran estos parámetros en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán).

#### ❖ Correlación de variables- Prueba de Spearman

**Tabla 13**

*Correlación de las variables con distribución no normal- Prueba de Spearman*

Variable (1)	Variable (2)	n	Spearman	p-valor
Temperatura del suelo (°C)	Abundancia	16	-0,530	0,0355
Temperatura del suelo (°C)	Diversidad	16	-0,490	0,0524
Temperatura del suelo (°C)	Densidad	16	-0,540	0,0307
pH	Abundancia	16	0,260	0,3273
pH	Diversidad	16	0,200	0,4666
pH	Densidad	16	0,280	0,3008

Hojarasca (g m <sup>-2</sup> )	Abundancia	16	0,260	0,3244
Hojarasca (g m <sup>-2</sup> )	Diversidad	16	0,310	0,2370
Hojarasca (g m <sup>-2</sup> )	Densidad	16	0,270	0,3200

Mediante la prueba de Spearman (tabla 14) se determinó que el pH y hojarasca no presentan una correlación significativa (mayor a 0,05), entonces se acepta la hipótesis nula (no existe una correlación significativa entre pH, hojarasca y abundancia y diversidad de macroinvertebrados de plantaciones de *Pinus patula* post incendio en el distrito de Conchán), en cambio la temperatura presente una significancia menor a 0,05, entonces se acepta la hipótesis alternativa.

No obstante, para la temperatura y pH, se evidenció una correlación negativa muy baja, en cambio, la hojarasca presentó una correlación positiva muy baja tanto para la diversidad, densidad y abundancia de macrofauna edáfica.

**Tabla 14**

*Prueba ANOVA para los parámetros fisicoquímicos*

	Épocas	F,V,	SC	Gl	CM	F	P-valor	
% de arena	Húmeda	Modelo	1,11	1	1,11	2,8		
	Seca					7		
		Condición de estudio	AAPF	1,11	1	1,11	2,8	0,14
			ANAPF				7	0,14
		Error	2,32	6	0,39			
		Total	3,43	7				
% de arcilla	Húmeda	Modelo	0	1	0	0	1,00	
	Seca	Condición de estudio	AAPF	0	1	0	0	1,00
			ANAPF					
		Error		48	6	8		
		Total	48	7				
% de limo	Húmeda	Modelo	1,11	1	1,11	0,1	0,72	
	Seca					4		

		Condición de estudio	AAPF	1,11	1	1,11	0,1	0,72
			ANAPF				4	
		Error		48,88	6	8,15		
		Total		49,99	7			
% de humedad	Húmeda	Modelo		31,17	1	31,17	3,9	0,10
	Seca						2	
		Condición de estudio	AAPF	31,17	1	31,17	3,9	0,10
			ANAPF				2	
		Error		47,69	6	7,95		
		Total		78,86	7			
% materia orgánica	Húmeda	Modelo		0,91	1	0,91	2,9	
	Seca						9	
		Condición de estudio	AAPF	0,91	1	0,91	2,9	0,13
			ANAPF				9	0,13
		Error		1,83	6	0,3		
		Total		2,74	7			

*Nota*, AAPF: área afectada por el fuego, ANAPF: área no afectada por el fuego,

Mediante la prueba ANOVA (tabla 15), tanto el área afectada y no afectada por el fuego, evaluadas en época húmeda y seca, no existe diferencias significativas (una significancia mayor a 0,05).

#### ❖ Correlación de variables- Prueba Pearson

**Tabla 15**

*Correlación de variables con prueba normal mediante la Prueba Pearson*

Variable (1)	Variable (2)	n	Pearson	p-valor
% arena	Abundancia	16	0,47	0,0673
% arena	Diversidad	16	0,39	0,1323
% arena	Densidad	16	0,46	0,0759

% de arcilla	Abundancia	16	-0,08	0,7743
% de arcilla	Diversidad	16	-0,08	0,7779
% de arcilla	Densidad	16	-0,07	0,8016
% limo	Abundancia	16	-0,05	0,8645
% limo	Diversidad	16	-0,03	0,9184
% limo	Densidad	16	-0,05	0,8467
% de humedad	Abundancia	16	-0,11	0,6911
% de humedad	Diversidad	16	-0,16	0,5525
% de humedad	Densidad	16	-0,11	0,693
% materia orgánica	Abundancia	16	-0,08	0,7652
% materia orgánica	Diversidad	16	0,03	0,9243
% materia orgánica	Densidad	16	-0,08	0,7585

Mediante la correlación de Pearson se determinó que el % de arena, % de arcilla, % de limo, % de humedad y % de materia orgánica tienen una significancia mayor a 0,05: por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, la cual indica que después de tres años, no se evidencia correlación entre estos parámetros y la abundancia, densidad y diversidad de macroinvertebrados.

### **4.3. Discusión de Resultados**

#### **4.3.1. Diversidad taxonómica de la macrofauna**

Se encontraron un total de 132 macroinvertebrados, clasificados dos clases, tres órdenes y en tres familias (Scarabaeidae, Lumbricidae y Formicidae), siendo la familia Scarabaeidae con mayor cantidad de individuos en la zona afectada por el fuego en época húmeda y época seca, a comparación con la zona no afectada de ambas épocas, lo cual se podría deber a la presencia de las cenizas y restos de árboles, también se encontró mayor cantidad de macrofauna edáfica en la época húmeda a comparación con la época seca, esto se debe a que en la época húmeda hay mayor

reproducción de los macroinvertebrados, entonces el incendio ocurrido hace tres años en plantaciones de *Pinus patula*, son favorables para el gusano blanco, conlleva que su población aumente ante el cambio del suelo por efecto del fuego (Marquez & Domínguez, 2023). La macrofauna edáfica, al estar afectada por un incendio tiende a ser favorables para algunas especies y perjudicial para otras. Rangel et al. (2020) mencionan que los incendios pueden generar una reacción en cadena entre los efectos directos e indirectos del fuego en la macrofauna del suelo; aunque algunas especies se ven favorecidas, otras se ven afectadas negativamente. Vaca (2019) indica que el gusano blanco es sensible a la degradación de su hábitat, y se ha demostrado que la riqueza de especies disminuye cuando se reduce la estructura ambiental de las plantas; entonces el fuego da las condiciones óptimas en el suelo y que los efectos son significativamente positivos para el gusano blanco en plantaciones de *Pinus patula*.

Obregón (2020) indicó que el fuego tiene impactos severos sobre la fauna edáfica creando cambios en sus funciones, composición y estructura, para Sangay & Guido (2021) el efecto drástico que ocasiona el fuego conlleva a posibilitar una estabilidad y diversidad vegetal conduciendo a una rápida recuperación de la macrofauna edáfica. Para Vélez & Saavedra (2019), la familia Scarabaeidae prefiere suelos arcillosos y húmedos, lo que ayuda a construir sus galerías para enterrar el estiércol y establecer sus nidos, prefieren suelos más alcalinos, por la presencia de cenizas dejadas por incendio y la presencia de lluvias el suelo cambia su pH, un bosque quemado en estación húmeda produce un incremento de individuos, puede deberse de manera general al efecto de la precipitación.

En la familia Lumbricidae se registró mayor cantidad de individuos en la época húmeda, y el fuego afecta significativamente a la lombriz de tierra, su hábitat es lugares donde hay gran cantidad de humedad y al ser alterados negativamente por el incendio, su recuperación y

reproducción es desfavorable; este resultado es similar a lo que menciona Momo & Falco (2015) quienes sostienen que el hábitat adecuado para las lombrices de tierra es aquel que cumple con sus requisitos mínimos, el número y clase de la comida, humedad, respiración adecuada de oxígeno, el resguardo UV, pH y temperatura adecuados, y está libre del material nocivo que pueden alterar la actividad osmótica, para Sandoval (2019), la familia Lumbricidae son sensibles a ambientes con poca materia orgánica y pH altamente ácido.

No se evidenció cambios significativos en la abundancia de la familia Formicidae; no obstante, la mayor cantidad de individuos encontrados es en la época seca en el área no afectada por el fuego, en comparación a la época húmeda. Las hormigas se exponen más en la época seca, y que al haber poca vegetación por consecuencia del incendio y la presencia de lluvias la familia de Formicidae son afectadas considerablemente, para Chamorro (2022), la familia Formicidae se considera ser ingenieros del suelo y al haber cambios en sus poblaciones indica que se ha existido una perturbación en los ecosistemas forestales del lugar, también para Auquilla (2021) consideró que estos grupos son muy sensibles a las diferencias en el uso y la cobertura del suelo, es un indicador de la recuperación de las tierras forestales, Al estar expuesto su hábitat al incendio, las hormigas pueden sufrir por compactación del suelo, quemado, acidificación y salinidad típicas de los suelos degradados después de un riego y una quema intensivos (Sabattini, 2019), también responden a los cambios en el uso del suelo, especialmente en la cobertura vegetal.

#### - **Índices de diversidad de la macrofauna**

Mediante la evaluación de los índices de diversidad, en la zona afectada, después de los tres años de haber ocurrido el incendio, y en una zona no afectada se evidenció que el índice de Shannon-Wiener existió mayor diversidad en la zona afectada por el fuego tanto en la época seca

y húmeda (1,29 a 1,21). Para los resultados del índice de equidad de Pielou se evidenció diferencias significativas, en la época seca hubo un incremento de 0,37 en zona no afectada a 0,46 zona afectada. En la dominancia de Simpson variaron significativamente en época seca, representando mayor dominancia a las zonas afectadas (0,25 época húmeda y 0,29 época seca); para el índice Sorensen cuantitativo (%), existen similitudes significativas, en las zonas no afectadas por el fuego (29,25% época húmeda y 27,78% en la época seca) a comparación a las zonas afectadas (22,45% época húmeda y 23,33% época seca). Estos resultados son parecidos a lo que menciona Sandoval & Suarez (2017), quienes al comparar una zona quemada con una zona control encontraron que la diversidad macrofauna según el índice de Simpson ( $\lambda$ ) y la equidad; altos valores de dominancia ( $\lambda > 0,8$ ), lo que sugiere que los taxones que se encuentran en estos suelos están distribuidos de manera desigual en relación con su abundancia, de modo que algunos de ellos son dominantes, Esto puede ser confirmado por el índice de equidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), ya que sus puntajes para estos dos tipos de suelo oscilaron entre 0,36 y 0,42, así, los suelos los tuvieron los mayores puntajes de diversidad (puntuaciones de equidad), siendo los más diversos los suelos sin quemar, seguidos de suelos quemados.

A similar conclusión llegó Huamanyauri (2012), quien registró valores bajos en los índices de diversidad para analizar y comparar la macrofauna en 04 sistemas: pasto mejorado con árboles (ST4), pasto mejorado sin árboles (ST3), pasto natural sin árboles (ST2) y pastos sobrepastoreados (ST1). El ST4 mostró mayor diversidad ( $H' = 1,48$ ) y fue más uniforme ( $J = 0,62$ ) en comparación con los demás sistemas. Este resultado se debió a que en los pastos mejorados había mayor cantidad de hojarascas. Sin embargo, en el sistema con pastura natural sin árboles (ST2), presentó valores más bajos de diversidad ( $H' = 0,87$ ) y con menor uniformidad ( $J = 0,49$ ), debido a que al

ser un pastizal sobrepastoreado, el pastoreo intensivo no permitió mantener el equilibrio de especies en la zona.

#### - **Densidad de la macrofauna**

En el post incendio (tres años después del evento), la densidad varía significativamente, siendo las zonas afectadas con mayor cantidad de individuos, que va desde 880 ind/m<sup>2</sup> época húmeda y 320 ind/m<sup>2</sup> época seca a comparación con las zonas no afectadas que esta desde 625 ind/m<sup>2</sup> época húmeda y 256 ind/m<sup>2</sup> poca seca, al igual que Ramírez (2022) quien evaluó la macrofauna edáfica del suelo obteniendo un promedio de 1 455 ind/m<sup>2</sup> en época de lluvia, en cuatro tipos de investigación: Tormillo (1 744), Marupa (1780), bosque secundario 1 (1 616) y bosque secundario 2 (680), disminuyendo drásticamente en los bosques secundarios debido a la composición de sus hojarasca, las cuales favorecen los microhábitats y diversidad edáfica., Lidueñas & Moreno (2019), al evaluar diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales, determinaron que existe diferencias estadísticamente significativas entre la densidad de cada grupo de la macrofauna edáfica.

Para Suárez et al. (2015), al evaluar la macrofauna edáfica asociada a sistemas agroforestales, los resultados mostraron que la densidad de la macrofauna fue mayor en la época de lluvia (1129 individuos) en comparación con la época seca (598 individuos).

#### - **Abundancia de la macrofauna edáfica según a la profundidad**

En la época húmeda se encontró mayor cantidad de macrofauna a una profundidad de 0-10 cm en ambas zonas evaluadas (zona afectada y no afectada por el fuego), las presencia de materia orgánica, hojarasca y cambios en la textura del suelo en los primeros 10 centímetros proporcionan



ambientes óptimos para las especies encontradas (hormigas, gusano blanco y lombriz de tierra) y que el incendio forestal no afectó significativamente a estos individuos, estos resultados son similares a Arias (2021), quien al evaluar poblaciones de macroinvertebrados, encontró mayor cantidad a una profundidad de 10 cm, equivalente al 51, 14 % del total de individuos, también Obregón (2020) sostiene que la riqueza, la abundancia y la diversidad de macrofauna fueron mayores, espacialmente en los primeros horizontes del suelo. Los primeros horizontes del suelo son lugares para un ambiente óptimo de la macrofauna, esto es por la presencia de mayor cantidad de hojarasca y materia orgánica.

#### **4.3.2. *Parámetros fisicoquímicos***

##### **- pH**

En el post incendio (tres años después del incendio) se evidencia un aumento del pH en las áreas afectadas por el fuego tanto en época seca y húmeda, por lo que cuenta con un pH muy levemente ácido (6,6) en época húmeda a moderadamente ácido (6,0) época seca, esto podría deberse a la presencia de cenizas; no obstante, en el área donde no fue afectada por el incendio se evidenció que el pH es fuertemente ácido (5,4 a 5,3) en época húmeda y seca, los cambios son significativos por el incendio ( $p=0,006$ ) al haber presencia de residuos de cenizas y las condiciones climáticas de lluvias son arrastrados por infiltración pasando por los primeros horizontes del suelo tienden a realizar cambios durante los tres años de haber ocurrido el evento, estos resultados son parecidos a García (2017) sostiene el aporte de las cenizas causa el incremento del pH en el suelo y también varía dependiendo de la gravedad del fuego que haya causado y grado de combustión, también se puede dar por la liberación de cationes básicos ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  y  $\text{K}^{+}$ ) que se encuentran

contenidos en las cenizas. Según Rubenacker (2021) también se determinó que las propiedades químicas del suelo demuestran cambios significativos después del incendio.

#### - **Materia orgánica**

En las áreas evaluadas se determinó que la presencia de materia orgánica fue afectada considerablemente por el post incendio ( $p= 0,25$ , área afectada y  $p=0,32$ , área no afectada), habiendo una disminución significativa tanto en época húmeda y seca, al desaparecer la cubierta vegetal del suelo por el incendio y la presencia de los factores climáticos estas zonas son propensas a sufrir erosión y arrastre de la capa superficial, estos resultados son parecidos a lo que es mencionado por Gallardo (2017) se puede indicar que los incendios forestales genera una disminución de la materia orgánica cuando las temperaturas son superiores a los  $450^{\circ}\text{C}$ , Martínez et al. (1991) menciona que los incendios superficiales de baja violencia pueden aumentar ligeramente la cantidad de materia orgánica en el suelo debido a los restos de materia vegetal que no sobrevivió a la combustión completa, lo que lleva a una mayor agregación de partículas. Por lo tanto, el incendio ocurrido fue de mayor proporción, ya que la materia orgánica fue afectada considerablemente.

#### - **Clases texturales**

En las zonas afectadas y no afectadas por el post incendio en plantaciones de *Pinus patula*, no se evidencia alteración por el fuego. En los análisis se evidencia suelos Franco arcilloso arenoso (FrArA) y Franco arenoso (FrA) tanto en época seca y húmeda (Tabla 3) estos resultados son parecidos a Úbeda, (2001) demuestro que la agresividad del fuego altera algunas propiedades del suelo, al evaluar tres zonas determinó que la proporción de limos aumenta en 8,62%, 16,62% y 5,52%, respectivamente; en tanto la fracción de arcilla aumenta si es que hay menor intensidad del

daño por el fuego, esto es por un endurecimiento que se forma por la acción del fuego y la intensidad que haya afectado directamente al suelo, Un incendio no solo afecta a las fracciones texturales del suelo, también lo modifica y cambia sus proporciones en el suelo (Corredoira, 2021).

#### - **Humedad**

Se evidenció que en la época húmeda y seca en la zona afectada se registró mayor humedad (15% y 10,9%), el efecto del incendio es significativo a la humedad en la zona evaluada ( $p= 1,63$  área afectada y  $p= 1,26$  área no afectada), estos resultados son lo contrario por Ubeda & Sala (1996) demostró en un bosque sin ser afectado por el fuego el suelo contaba con un 2,19 % de humedad y en un suelo quemado tenía 2,08 %, se puede afirmar la falta de retención de humedad también es consecuencia de incremento de escorrentía superficial al no haber vegetación también hay un incremento del impacto de las gotas de lluvia acelerando la velocidad del agua de precipitación en la superficie.

#### - **Temperatura**

Se evidenció que en la época húmeda en el AAPF tuvo mayor temperatura de suelo con 17, 86 °C, en comparación con la época seca en el AAPF con 17, 45 °C. En la época húmeda en el ANPF tuvo menor temperatura de suelo con 16, 29 °C y en la época seca ANPF con mayor temperatura de 16, 85 °C para Capulín et al. (2010) menciona que los suelos incendiados absorbe mayor cantidad de radiación solar, lo cual favorece el incremento de la temperatura. Cuando ocurre un incendio de gran magnitud.

#### - **Hojarasca**

La hojarasca sufrió cambios significativos por el incendio siendo de mayor cantidad en la zona no afectada por el incendio ( $p=0,036$ ), al ser afectada por el incendio la zona está expuesta a sufrir erosión y arrastre por la ausencia de vegetación en las zonas perjudicadas por el incendio, estos resultados son parecidos a López et al. (2022) afirma que la hojarasca encontrada fue mayor en el área no incendiada con una carga de  $12,90 \text{ Mg ha}^{-1}$  representando casi el doble de la carga conferida en el área incendiada.

#### - **Correlación de variables**

##### **Prueba de Spearman**

La correlación para el pH y hojarasca es de grado mayor a 0.05, lo que indica que no existe una correlación estadísticamente significativa, por lo tanto, no se puede concluir que estos parámetros afectan de manera significativa la abundancia, diversidad y densidad de la macrofauna del suelo para Ospina (2017), también para Sangay & Guido (2021) el efecto drástico que ocasiona el fuego conlleva a posibilitar una estabilidad y diversidad vegetal, conduciendo a una rápida recuperación de la macrofauna edáfica, Por lo tanto, la afectación del incendio la temperatura aumenta en la zona afectada por el incendio tanto en la época seca y húmeda, esta variación es producto de la ausencia de la vegetación y el suelo está más expuesto a las altas temperaturas, al igual que el pH, el incendio deja cenizas y al ser conducidas por los factores climáticos el suelo cambia significativamente y la macrofauna sufre cambios positivos para algunas especies, en cambio, la hojarasca existe cambios significativos por el incendio, pero es positivo a la macrofauna edáfica.

##### **Prueba Pearson**

El valor de la correlación (grado de significancia) para el % de arena, % de arcilla, % de limo, % de humedad y % de materia orgánica presentó una significancia mayor a 0,05, por lo tanto, no se pudo afirmar que esos parámetros del suelo afecten de forma significativa la abundancia, diversidad y densidad de la macrofauna edáfica, según Arcenegui & García, (2016) el fuego produce cambios en la conformación del contenido de materia orgánica y la estructura química de los suelos debido a depósitos de cenizas, según Rosero & Osorio (2015) la fracción textural más susceptible es la arcilla, que empieza a cambiar a temperaturas alrededor de los 400 °C y se destruye por completo a temperaturas de 700-800 °C, además, la química del suelo sufre alteraciones significativas en términos de acidez, materia orgánica y fertilidad, Por lo tanto, el efecto del fuego realizó cambios significativos tanto positivos y negativos en los parámetros fisicoquímicos, pero positivos para la densidad y abundancia, pues luego de tres años no se evidencia efectos negativos del incendio forestal.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

Se encontraron 132 macroinvertebrados clasificados en tres familias (Scarabaeidae, Lumbricidae y Formicidae), tres órdenes (Coleoptera, Crassicitellata y Hymenoptera) y dos clases (Insecta y Clitellata), la familia más abundante encontrada fue la Scarabaeidae con 82 individuos en total encontrados.

La abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica se ve afectada positivamente en las plantaciones de *Pinus patula* post incendio (tres años después), por lo que al evaluar en AAPF evidenció mayor cantidad en comparación con la ANAPF, estos cambios en los primeros horizontes del suelo son favorables para algunas familias como es Scarabaeidae.

En las plantaciones de *Pinus patula*, la densidad de la macrofauna edáfica aumentó positivamente después de tres años de un incendio, al evaluar en época húmeda, se comprobó que en el AAPF hay mayor cantidad de individuos  $880 \text{ ind/m}^2$ , a comparación con el ANAPF  $625 \text{ ind/m}^2$ , lo mismo ocurrió en la época seca.

En las plantaciones forestales del *Pinus patula* post incendio los parámetros fisicoquímicos sufrieron cambios negativos y positivos en el AAPF a comparación con el ANAPF, pero positivos para la abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica.

## 5.2. Recomendaciones

Se recomienda a los egresados de la carrera profesional de ingeniería forestal y ambiental de la Universidad Nacional Autónoma de Chota seguir investigando a la macrofauna, no solo en bosques con plantaciones exóticas si no en bosques con especies nativas, ya que hoy en día se ven muy degradados no solo por incendios si no por la expansión agrícola y ganadera en nuestra provincia de Chota.

Se recomienda realizar más investigaciones en otras localidades y evaluar en diferentes lapsos de tiempo (uno, cinco, 10 años y más años) después del incendio, con el fin evidenciar el comportamiento de la macrofauna edáfica ante los eventos de un incendio forestal en la provincia de Chota.

Se recomienda evaluar la macrofauna edáfica en diferentes plantaciones forestales como *Pinus radiata* y *Eucalyptus globulus* para tener un conocimiento más amplio sobre la existencia de otras especies que puedan albergar estas plantaciones en la provincia de Chota.

Se recomienda a las municipalidades desarrollar e implementar estrategias de control y manejo de los incendios forestales, donde se desarrolle técnicas, métodos para llevar acabo quemas controladas. Esta medida se considera esencial porque actualmente, estos eventos ocurren con más frecuencia y en gran medida se debe a factores humanos.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, Z. (2019). *Métodos para medir la Biodiversidad*. Universidad Nacional de Loja.  
[https://scholar.google.es/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=EUHEC9gAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&sortby=pubdate&citation\\_for\\_view=EUHEC9gAAAAJ:vbGhcppD11QC](https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=EUHEC9gAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&sortby=pubdate&citation_for_view=EUHEC9gAAAAJ:vbGhcppD11QC)
- Alcántara, G. (2011). *Fisiografía del departamento de Cajamarca*. Gobierno Regional Cajamarca.  
<http://tj.cec.org.cn/niandufazhanbaogao/2011-06-27/58873.html>
- Arcenegui, V., & García, E. (2016). *Estudio de la evolución temporal a corto plazo del manejo post-incendio sobre las propiedades biológicas del suelo*. Universitas Miguel Hernández.  
[http://193.147.134.18/bitstream/11000/4293/1/TFG\\_Aguilera\\_García%2C\\_Gabriel\\_Félix.pdf](http://193.147.134.18/bitstream/11000/4293/1/TFG_Aguilera_García%2C_Gabriel_Félix.pdf)
- Arias, Á. (2021). *Evaluación de la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas].  
<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25978/1/T-ESPESD-003157.pdf>
- Barrett, G., Alexander, P., Robinson, J., & Bragg, N. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems – A review. *Scientia Horticulturae*, 212, 220-234. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2016.09.030>
- Cabezas, E., Naranjo, D., & Torres, J. (2018). *Introducción a la metodología de la investigación científica*. Comisión Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.  
[www.repositorio.espe.edu.ec](http://www.repositorio.espe.edu.ec).
- Cabrera, G. (2012). La macrofauna edáfica como indicador del estado de



- conservación/perturbación del suelo. *Pastos y Forrajes*, 35(4), 349-363.  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03942012000400001](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942012000400001)
- Cabrera, G., & López, G. (2018). Ecological characterization of soil macrofauna in two evergreen forest sites at el salón, sierra del rosario, Cuba. *Bosque*, 39(3), 363-373.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>
- Cabrera, G., Sánchez, J., & de León, D. (2021). Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo. *Acta Botánica Cubana*, 221(1), 1-21. <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/404>
- Cabrera, J. (2015). *El acolchado y la siembra de herbáceas como prácticas de control de la erosión post-incendio en los montes de Castejón*. Universidad Zaragoza.  
<https://zaguan.unizar.es/record/31876/files/TAZ-PFC-2015-277.pdf>
- Calderón, C., Bautista, G., & Rojas, S. (2018). Propiedades químicas , físicas y biológicas del suelo , indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta. *Orinoquia*, 22(2), 141-157. <https://doi.org/https://doi.org/10.22579/20112629.524>
- Canales, R., & Carrillo, R. (2018). *Efecto de tres coberturas vegetales (viva, muerta, semicompostada) sobre las condiciones físicas, biológicas del suelo y manejo de malezas en el cultivo de papaya en el sector CNRA, Campus Agropecuario UNAN-León Octubre 2017-Mayo 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-León].  
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/3108/2874>
- Capulín, G. J., Mohedano, C. L., & Razo, Z. R. (2010). Changes in Soil and Vegetation in a Pinus Forest Affected by Fire. *Terra Latinoamericana*, 28 (1)(Chapingo, México), 79-87.

Cevallos, A., Polo, E., Salgado, D., & Orbea, M. (2017). *Método y técnica de investigación* (Primera ed). Ediciones Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/498/3/metodología.pdf>

Chamorro, Y. (2022). *Estructura de la macro, meso y microfauna del suelo y su relación con parámetros de calidad del suelo en unidades agrícolas del norte de Colombia: implicaciones ecológicas* [Tesis de maestría, Universidad de la Costa-CUC]. [https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9229/ESTRUCTURA DE LA MACRO%2C MESO Y MICROFAUNA DEL SUELO.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9229/ESTRUCTURA_DE_LA_MACRO%2C_MESO_Y_MICROFAUNA_DEL_SUELO.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

Chaparro, J., & Najera, H. (2022). *Caracterización de las propiedades físicas, químicas y rango de NPK para establecer el nivel de fertilidad de los suelos agrícolas de la Comunidad Campesina de Chacayan – Provincia Daniel Alcides Carrión – Región* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/3070>

Chumbe, G. (2018). *Macroinvertebrados edáficos en el bosque Vásquez Pampa, Luya - Amazonas, 2017* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. <http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1482/CHAPA GRANDEZ SALLY PATRICIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Corredoira, C. (2021). *Efecto de los incendios forestales en la respiración basal del suelo* [Tesis de pregrado, Universidad de la Coruña]. [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/29161/CorredoiraLopez\\_ClaudiaEsperanza\\_TFG\\_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/29161/CorredoiraLopez_ClaudiaEsperanza_TFG_2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- Cremona, M., & Soledad, A. (2020). Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica. *Presencia*, 73, 5-8. [https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7709/INTA\\_CRPatagoniaNorte\\_EEABariloche\\_Cremona\\_MV\\_Algunas\\_Propiedades\\_Del\\_Suelo\\_Que\\_Condicionan\\_Su\\_Comportamiento.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/7709/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Cremona_MV_Algunas_Propiedades_Del_Suelo_Que_Condicionan_Su_Comportamiento.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Cruzado, G., & Crisólogo, M. (2011). *Estudio de Geología*. Gobierno Regional Cajamarca. [http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Cajamarca/Memoria\\_Descriptiva\\_Geologia.pdf](http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Cajamarca/Memoria_Descriptiva_Geologia.pdf)
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (2006). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Universidad Politécnica de Valencia. [http://soils.usda.gov/technical/classification/tax\\_keys/](http://soils.usda.gov/technical/classification/tax_keys/)
- Flores, M. (2016). *Estudio comparativo de indicadores físicos y químicos de la calidad del suelo y de la biodiversidad de la mesofauna edáfica en dos usos de suelo de la microcuenca del río Pomacocho, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3077/1/UNACH-ING-AMB-2016-014.pdf>
- Gallardo, C. y. (2017). *Estudio de la estructura, materia orgánica y microfauna de suelos impactados por incendios forestales 2010 – 2020: una revisión de la literatura científica* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/26305>
- García, S., Moreno, C., Morón, M. Á., Castellanos, I., & Pavón, N. (2016). Integrando la estructura taxonómica en el análisis de la diversidad alfa y beta de los escarabajos Melolonthidae en la

- Faja Volcánica Transmexicana. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 1033-1044.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.003>
- Gil, J. (2022). Incendios forestales: causas e impactos. *El Antoniano*, 135(1), 68-113.  
<https://doi.org/10.51343/anto.v135i1.866>
- Groba, H. (2014). *Caracterización morfológica de las larvas y de los receptores olfativos del parasitoide Mallophora ruficauda (Diptera: Asilidae) y determinación del origen de las claves químicas en el hospedador Cyclocephala signaticollis (Coleoptera: Scarabaeidae)* [Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires].  
[https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis\\_n5497\\_Groba.pdf](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n5497_Groba.pdf)
- Hernández, G., Sáenz, J., Moreno, A., Castañeda, G., Ogaz, A., Carballar, S., & Hernández, L. (2018). Temporal diversity dynamics of the arbuscular mycorrhizal fungi of *Larrea tridentata* (Sesse & Mocino ex DC) Coville in a semi-arid ecosystem. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(3), 301-310. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.07.007>
- Hesse, A. (2021). *Experiencias en el manejo de Golofa sp. en campos de Lima Golf Club* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12996/5063>
- Huamanyauri, L. (2012). Macrofauna del suelo en diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos en el Distrito de José Crespo y Castillo- Aucayacu. *Universidad Nacional Agraria de la Selva*, 57. <https://repositorio.unas.edu.pe/bitstreams/22e11c80-d23d-465d-8b6e-17b49a3ea81b/download>
- INDECI. (2017). *Incendio forestal en distrito de Conchan – provincia de Chota - Cajamarca*. Casa

de Gobierno, PCM, Ministerios, Gobiernos Regionales y Locales.  
<https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/cajamarca-chota-conchan-la-legua-incendio-forestal-informe-de-emergencia-01/>

Instituto Nacional de Defensa Civil. (2016). *Incendio forestal en las provincias del departamento de Cajamarca*. Casa de Gobierno, PCM, Ministerios, Gobiernos Regionales y Locales.  
<https://portal.indeci.gob.pe/emergencias/cajamarca-chota-conchan-la-legua-incendio-forestal-informe-de-emergencia-01/>

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2015). *Semana de la ciencia y tecnología jornada de puertas abiertas*. El Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. [http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA Tacuarembó/2015/El Suelo 20 de mayo.pdf](http://inia.uy/Documentos/Públicos/INIA_Tacuarembó/2015/El_Suelo_20_de_mayo.pdf)

Lidueñas, Y., & Moreno, Y. (2019). *Caracterización de los efectos de la quema en algunas comunidades biológicas de un vertisol de tres zonas en el departamento de sucre, Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad de Sucre].  
<https://repositorio.unisucre.edu.co/server/api/core/bitstreams/22122183-c374-4420-bfec-d5e967d47ff1/content>

López, B., Calleja, B., Flores, M., & Cruz. (2022). Análisis comparativo de cargas de combustible en área afectada por incendio y sin incendio en Malinaltepec , Guerrero. *Ecuba*, 10(19), 1-6.  
<http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/257>

Luna, A., Sánchez, A., Maza, J., & Castillo, J. (2022). Índices de diversidad florística forestal en la Reserva Ecológica Arenillas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(1), 96-103.

<https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/523/497>

Malpartida, R. (2016). *Riesgo a incendios forestales en la provincia de Satipo - Junín* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú].

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3471/MalpartidaMauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Marquez, J., & Domínguez, Y. (2023). Riqueza y diversidad de hormigas ( Hymenoptera : Formicidae ) según uso de suelo en dos paisajes agroforestales de Colombia Abstracto Referencias. *Biología Tropical*, 71(1), 1-12.

<https://doi.org/https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop.v71i1.52087>

Martínez, J. (2022). El cálculo de diversidad biológica. Parte I: Diversidad biológica alfa. *Tikalía*, 41(1), 48-62. [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Vicente-Martinez-Arevalo/publication/372854379\\_El\\_calculo\\_de\\_diversidad\\_biologica\\_Parte\\_I\\_Diversidad\\_biologica\\_alfa/links/64ca8f3c91fb036ba6bfa747/El-calculo-de-diversidad-biologica-Parte-I-Diversidad-biologica-alfa.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Vicente-Martinez-Arevalo/publication/372854379_El_calculo_de_diversidad_biologica_Parte_I_Diversidad_biologica_alfa/links/64ca8f3c91fb036ba6bfa747/El-calculo-de-diversidad-biologica-Parte-I-Diversidad-biologica-alfa.pdf)

Masin, C. (2016). *Efectos de largo plazo del uso del suelo sobre la comunidad de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en la provincia de Santa Fe* [Grado de Doctor, Universidad Nacional del Litoral].

<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/937/Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza, M. (2016). *Comunidades de lombrices de tierra en la región Nochixtlan-Tilantongo, Oaxaca* [Tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Puebla].

[http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano Guevara%2C Karen Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y SU.pdf?sequence=1&isAllowed=](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10947/Miñano_Guevara%2C_Karen_Anali.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/3346/DIVERSIDAD_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUÁTICOS_Y_SU.pdf?sequence=1&isAllowed=)

Momo, F., & Falco, L. (2015). *La mesofauna del suelo. Biología y ecología*. Universidad Nacional de Luján. [http://www.ungs.edu.ar/ms\\_ici/wp-content/uploads/2015/11/mesofauna-del-suelo-Momo-Falco.pdf%0Ahttps://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2015/10/mesofauna-del-suelo-Momo-Falco.pdf](http://www.ungs.edu.ar/ms_ici/wp-content/uploads/2015/11/mesofauna-del-suelo-Momo-Falco.pdf%0Ahttps://www.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/2015/10/mesofauna-del-suelo-Momo-Falco.pdf)

Montico, S., Di Leo, N., & Berardi, J. (2023). Sequía, bajante y efectos de los incendios en suelos del delta del Paraná, Argentina. *Cuadernos del Curiham*, 1-13. <https://doi.org/https://doi.org/10.35305/curiham.vi.199>

Moran, J., & Alfar, F. (2015). *Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleifera Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/3203/1/tnp34m829.pdf>

Moreno, E. (2015). *Incidencia de la Mesofauna en el almacenamiento de Carbono Orgánico Total en los suelos del páramo de la comunidad de Guangopud parroquia Juan de Velasco cantón Colta* [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimboazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4074>

Morlue, B., Kamau, S., Ayuke, F., & Kironchi, G. (2021). El cambio de uso de la tierra, pero no la macrofauna del suelo, afecta los agregados del suelo y el contenido de C asociado a los agregados en las tierras altas centrales de Kenia. *Journal of Soils and Sediments*, 21, 1360-

1370. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11368-021-02895-1>

Obregón, J. (2020). *Diversidad poblacional de escarabajos (Insecta: Coleoptera) en un proceso de sucesión dentro del páramo del Atacazo, Pichincha- Ecuador* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador].  
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/21136/1/T-UCE-0016-CBI-049.pdf>

Ospina, L. (2017). *Efecto de un incendio forestal sobre la microbiota de un suelo de bosque seco tropical, en el departamento del Tolima* [Tesis de pregrado, Universidad de Tolima].  
<https://repository.ut.edu.co/bitstreams/5c463ae1-6856-4570-97ff-efd846225cbb/download>

Pardo, R. (2016). *Ecología de comunidades*. Diapositiva PowerPoint.  
<https://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades11.pdf>

Parrilla, M. (11 de octubre del 2017). *2017, otro récord en incendios de la última década*. Greenpeace. <https://archivo-es.greenpeace.org/espana/es/Blog/2017-record-incendios-ultima-decada/blog/60428/>

Paz, C., Sosa, A., & Torres, Y. (2022). Diversidad y función de la macrofauna del suelo: información clave para el estudio de la sustentabilidad de sistemas socio-ecológicos tropicales. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático*, 4(1), 51-62.  
<https://doi.org/10.26359/52462.0422>

Quinto, C. (2016). *Propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo bajo la influencia de tres sistemas de uso de la tierra en el distrito José Crespo y Castillo, Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva].  
[http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1303/QCCE\\_2016.pdf?sequen](http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/1303/QCCE_2016.pdf?sequen)



ce=1&isAllowed=y

- Ramos, J., & Sánchez, E. (2019). *Evaluación de Coleopteros como indicador ambiental en suelos en dos bosques secundarios (Espam MFL - Loma Seca) durante el periodo de enero - abril 2019*. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1186>
- Rangel, J., Martínez, N., & Zapata, R. (2020). Respuesta de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) a la modificación del hábitat causada por un incendio forestal en la Reserva Bijibana, Atlántico-Colombia. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 91, 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2020.91.2879>
- Rivero, R. (2022). *Calidad del suelo en cuatro sistemas de cultivos en el sector Aserradero distrito Castillo Grande* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507>
- Romero, D. (2017). *Evaluación de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha Llakta* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. <https://core.ac.uk/download/pdf/200328094.pdf>
- Rosero, J., & Osorio, I. (2013). Efectos de los incendios forestales en las propiedades del suelo. Estado del arte. *Cuaderno Activa*, 7(16), 59-67. <https://doi.org/10.21774/ing.v7i16.264>
- Rubenacker, A. (2021). *Remediación de suelos de Córdoba afectados por incendios: análisis de las variaciones de las propiedades edáficas* [Tesis de doctor, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/28194>

- Rucks, L., García, F., Kaplán, A., Ponce, J., & Hill, M. (2004). *Propiedades físicas del suelo*. Universidad de la República: Facultad de agronomía. Montevideo, Uruguay.  
<https://doi.org/10.1039/TF9686403358>
- Ruiz, N., Lavelle, P., & Jiménez, J. (2008). *Soil macrofauna field manual: technical level*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).  
<https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010057493>
- Sabattini, J. (2019). *Ingeniería ecosistémica de *Atta vollenweideri* (Forel, 1893): efectos sobre la vegetación herbácea de un gradiente espacial en un bosque nativo* [Doctorado, Universidad Nacional de Entre Ríos]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.31460.73606>
- Salgado, S., Palma, D., Lagunes, L., & Castelán, M. (2006). Manual para el muestreo de suelos plantas y aguas e interpretación de análisis. En *Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco- ISPROTAB. H. Cárdenas, Tabasco, México*. <http://es.scribd.com/doc/110836442/Primer-Libro-de-Analisis-de-Suelo-Agua-y-Planta#scribd>
- Sánchez, C. (2015). *Macroinvertebrados del suelo en diferentes tipos de vegetación de tierra firme, durante periodos de lluvias, y su relación con factores edáficos, Puerto Almendra, Loreto* [Tesis maestría, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana].  
[https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4389/Carol\\_Tesis\\_Maestría\\_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/4389/Carol_Tesis_Maestría_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sandoval, J., & Suarez, C. (2017). *Evaluación del impacto de la quema física controlada como práctica agrícola sobre algunas de las características físicas, químicas y biológicas de dos series de suelos cafeteros ubicados en los municipios de Líbano y Casabianca, Tolima* [Tesis

de pregrado, Universidad Del Tolima].  
[https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3331/TESIS\\_CAROLINA\\_SUAREZ\\_CAMELO\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3331/TESIS_CAROLINA_SUAREZ_CAMELO_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Sandoval, L. (2019). *Macrofauna edáfica como indicadores en los tres diferentes usos de suelo (agrícola, pecuario, bosque) en la Estación Biológica Francisco Guzmán Pasos de la UNAN-Managua FAREM-Chontales*. [Tesis de pregrado, Universidad, Nacional, Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://core.ac.uk/download/pdf/232128341.pdf>

Sangay, F., & Guido, F. (2021). *Efecto de los incendios forestales en la relación C/N del suelo* [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].  
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.308>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (17 de marzo del 2023). *Mapa climático del Perú: Clasificación Climática de Warren Thornthwaite*.  
<https://www.senamhi.gob.pe/?p=mapa-climatico-del-peru>

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. (2019). *Plan de prevención y reducción de riesgos de incendios forestales*. SERFOR. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2018/12/Plan-de-prevención-y-reducción-de-riesgos-de-incendios-forestales.pdf>

Solano, R. (2016). *Contribución de la macrofauna del suelo en la salud biológica del paisaje de la comunidad campesina de Quilcas - Huancayo* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>

Suárez, J., Duran, E., & Patiño, G. (2015). Macrofauna edáfica asociada con sistemas

agroforestales en la Amazonía Colombiana. *Acta Agronomica*, 64(3).  
<https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.38033>

Tapia, S., Teixeira, A., Velásquez, E., & Fabiano, W. (2016). Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(s), 260-267.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.380>

Tulande, E., Barrera, J., Alonso, C., Morantes, C., & Basto, S. (2018). Soil macrofauna in areas with different ages after *Pinus patula* clearcutting. *Universitas Scientiarum*, 23(3), 383-417.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.11144/javeriana.sc23-3.smia>

Úbeda, X. (2001). Influencia de la intensidad de quemado sobre algunas propiedades del suelo despues de un incendio forestal. *Edafologia*, 8, 41-49. [https://www.secs.com.es/data/Revista\\_edafo/partes\\_volumen\\_8-1/paginas\\_41-49.pdf](https://www.secs.com.es/data/Revista_edafo/partes_volumen_8-1/paginas_41-49.pdf)

Urriola, L. (2020). ¿Por qué estudiar las propiedades físicas del suelo? *Revista Científica Semilla del Este*, 1(1), 23-26. [https://uptv.up.ac.pa/index.php/semilla\\_este/article/view/2020/1727](https://uptv.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2020/1727)

Vaca, A. (2019). *Influencia de los insectos holometábolos y las familias dl orden coleóptera como bioindicadores de un proceso de restauración forestal con enmiendas de cbiocarbón en la CIPCA* [Tesis de pregrado, Universidad Estatal Amazónica].  
<http://201.159.223.17/bitstream/123456789/547/1/T.AMB.B.UEA.3232.pdf>

Vargas, D., Cerón, A., Olivares, L., & Bobadilla, M. (2020). *Manual de evaluación de suelos*. CMES. <https://www.smcsmx.org/files/concurso/2020/Manual3CMES2020.pdf>

- Vargas, Y., & Pérez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 5(1), 59-72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Vásquez, M. (2015). Taxonomía de Formicidae (Hymenoptera) para México. *Métodos en Ecología y Sistemática*, 10(1), 1-53. [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40376164/Vasquez2015TaxoFormi-libre.pdf?1448479515=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNovedades\\_en\\_Cyathea\\_Filicales\\_Cyatheace.pdf&Expires=1690229106&Signature=O9rMKQSBPDW6T7UatFrEIfIhiHO704ISIUO2YD3Qc](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/40376164/Vasquez2015TaxoFormi-libre.pdf?1448479515=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNovedades_en_Cyathea_Filicales_Cyatheace.pdf&Expires=1690229106&Signature=O9rMKQSBPDW6T7UatFrEIfIhiHO704ISIUO2YD3Qc)
- Vélez, M., & Saavedra, J. (2019). *Estructura del ensamblaje de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un bosque primario y secundario del Bosque de Protección Pagaibamba, Querocoto, Chota, Cajamarca, Perú, 2018* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/3424/BC-TES-TMP-2247.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Villacís, F., Lizano, M., Toapanta, E., & Chango, Á. (2022). Los incendios forestales y su prevención en el Ecuador. *Development Ciencias Del Sur*, 1(1), 1-8. <https://www.itscs-cicc.com/ojs/index.php/innde/article/view/32>
- Weber, J., & Reyna, S. (2019). Alteración de los parámetros del modelo de Green y Ampt ante la ocurrencia de incendios en suelos de Córdoba (Argentina). *Cuadernos del CURIHAM*, 25(1), 1-17. <https://doi.org/10.35305/curiham.v25i0.112>

Zuazagoitia, D., Aragón, L., Ruiz, A., & Gozalbo, M. (2021). ¿Podemos cultivar este suelo? Una secuencia didáctica para futuros maestros contextualizada en el huerto. *Revista Investigación en la Escuela*, 103, 32-47. <https://doi.org/https://doi.org/10.12795/IE.2021.i103.03>

## ANEXOS

Anexo 1: resultados de la evaluación

**Tabla 16**

*Biota en época húmeda*

Parcela	Muestras de suelo	Código de campo	Condición de estudio afectada y no afectada por el fuego	Código para SPSS	Profundidad (1 - hojarasca; 2 - 0 a 10 cm; 3 - 10 a 20 cm; 4 - 20 a 30 cm)	área de evaluación (m <sup>2</sup> )	Volumen de suelo (m <sup>3</sup> )	Abundancia	Diversidad
<b>P1</b>	<b>P1 - 1</b>	P1 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 1 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 1 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 1 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P1 - 2</b>	P1 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 2 - B	Afectada		2			2	1
		P1 - 2 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 2 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P1 - 3</b>	P1 - 3 - A	Afectada		1			2	1
		P1 - 3 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 3 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 3 - D	Afectada		4			2	1
	<b>P1 - 4</b>	P1 - 4 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 4 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 4 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 4 - D	Afectada		4			1	1
	<b>P1 - 5</b>	P1 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 5 - B	Afectada		2			1	1
		P1 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 5 - D	Afectada		4			0	0

<b>P2</b>	<b>P2- 1</b>	P2 - 1 - A	Afectada			1			0	0
		P2 - 1 - B	Afectada			2			0	0
		P2 - 1 - C	Afectada			3			1	1
		P2 - 1 - D	Afectada			4			0	0
	<b>P2- 2</b>	P2 - 2 - A	Afectada			1			0	0
		P2 - 2 - B	Afectada			2			4	1
		P2 - 2 - C	Afectada			3			2	1
		P2 - 2 - D	Afectada			4			1	1
	<b>P2- 3</b>	P2 - 3 - A	Afectada			1			0	0
		P2 - 3 - B	Afectada			2			1	1
		P2 - 3 - C	Afectada			3			0	0
		P2 - 3 - D	Afectada			4			0	0
	<b>P2- 4</b>	P2 - 4 - A	Afectada			1			0	0
		P2 - 4 - B	Afectada			2			3	2
		P2 - 4 - C	Afectada			3			3	1
		P2 - 4 - D	Afectada			4			0	0
	<b>P2- 5</b>	P2 - 5 - A	Afectada			1			0	0
		P2 - 5 - B	Afectada			2			0	0
		P2 - 5 - C	Afectada			3			1	1
		P2 - 5 - D	Afectada			4			0	0
<b>P3</b>	<b>P3- 1</b>	P3 - 1 - A	Afectada			1			0	0
		P3 - 1 - B	Afectada			2			1	1
		P3 - 1 - C	Afectada			3			2	2
		P3 - 1 - D	Afectada			4			0	0
	<b>P3- 2</b>	P3 - 2 - A	Afectada			1			0	0
		P3 - 2 - B	Afectada			2			0	0
		P3 - 2 - C	Afectada			3			0	0
		P3 - 2 - D	Afectada			4			1	1
	<b>P3- 3</b>	P3 - 3 - A	Afectada			1			0	0
		P3 - 3 - B	Afectada			2			0	0
		P3 - 3 - C	Afectada			3			0	0
		P3 - 3 - D	Afectada			4			1	1
	<b>P3- 4</b>	P3 - 4 - A	Afectada			1			0	0



		P3 - 4 - B	Afectada		2			0	0
		P3 - 4 - C	Afectada		3			1	1
		P3 - 4 - D	Afectada		4			1	1
	<b>P3- 5</b>	P3 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P3 - 5 - B	Afectada		2			0	0
		P3 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P3 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P4</b>	<b>P4 - 1</b>	P4 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 1 - B	Afectada		2			3	2
		P4 - 1 - C	Afectada		3			1	1
		P4 - 1 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P4- 2</b>	P4 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 2 - B	Afectada		2			2	4
		P4 - 2 - C	Afectada		3			0	0
		P4 - 2 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P4- 3</b>	P4 - 3 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 3 - B	Afectada		2			1	1
		P4 - 3 - C	Afectada		3			3	2
		P4 - 3 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P4- 4</b>	P4 - 4 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 4 - B	Afectada		2			4	2
		P4 - 4 - C	Afectada		3			1	1
		P4 - 4 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P4- 5</b>	P4 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 5 - B	Afectada		2			2	1
		P4 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P4 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P5</b>	<b>P5 - 1</b>	P5 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 1 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 1 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 1 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 2</b>	P5 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 2 - B	Afectada		2			0	0

		P5 - 2 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 2 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 3</b>	P5 - 3 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 3 - B	Afectada		2			3	1
		P5 - 3 - C	Afectada		3			2	1
		P5 - 3 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 4</b>	P5 - 4 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 4 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 4 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 4 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 5</b>	P5 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 5 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P6</b>	<b>P6 - 1</b>	P6 - 1 - A	No afectada		1			2	1
		P6 - 1 - B	No afectada		2			0	0
		P6 - 1 - C	No afectada		3			1	1
		P6 - 1 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6 - 2</b>	P6 - 2 - A	No afectada		1			1	1
		P6 - 2 - B	No afectada		2			0	0
		P6 - 2 - C	No afectada		3			2	2
		P6 - 2 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6 - 3</b>	P6 - 3 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 3 - B	No afectada		2			1	1
		P6 - 3 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 3 - D	No afectada		4			2	2
	<b>P6 - 4</b>	P6 - 4 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 4 - B	No afectada		2			3	2
		P6 - 4 - C	No afectada		3			2	1
		P6 - 4 - D	No afectada		4			2	1
	<b>P6 - 5</b>	P6 - 5 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 5 - B	No afectada		2			0	0
		P6 - 5 - C	No afectada		3			0	0

		P6 - 5 - D	No afectada			4			0	0
<b>P7</b>	<b>P7 - 1</b>	P7 - 1 - A	No afectada			1			0	0
		P7 - 1 - B	No afectada			2			1	1
		P7 - 1 - C	No afectada			3			1	1
		P7 - 1 - D	No afectada			4			0	0
	<b>P7- 2</b>	P7 - 2 - A	No afectada			1			0	0
		P7 - 2 - B	No afectada			2			3	2
		P7 - 2 - C	No afectada			3			1	1
		P7 - 2 - D	No afectada			4			1	1
	<b>P7- 3</b>	P7 - 3 - A	No afectada			1			0	0
		P7 - 3 - B	No afectada			2			0	0
		P7 - 3 - C	No afectada			3			0	0
		P7 - 3 - D	No afectada			4			0	0
	<b>P7- 4</b>	P7 - 4 - A	No afectada			1			0	0
		P7 - 4 - B	No afectada			2			0	0
		P7 - 4 - C	No afectada			3			0	0
		P7 - 4 - D	No afectada			4			3	1
	<b>P7- 5</b>	P7 - 5 - A	No afectada			1			0	0
		P7 - 5 - B	No afectada			2			0	0
		P7 - 5 - C	No afectada			3			0	0
		P7 - 5 - D	No afectada			4			0	0
<b>P8</b>	<b>P8 - 1</b>	P8 - 1 - A	No afectada			1			0	0
		P8 - 1 - B	No afectada			2			4	3
		P8 - 1 - C	No afectada			3			0	0
		P8 - 1 - D	No afectada			4			0	0
	<b>P8- 2</b>	P8 - 2 - A	No afectada			1			0	0
		P8 - 2 - B	No afectada			2			1	1
		P8 - 2 - C	No afectada			3			0	0
		P8 - 2 - D	No afectada			4			0	0
	<b>P8- 3</b>	P8 - 3 - A	No afectada			1			0	0
		P8 - 3 - B	No afectada			2			5	3
		P8 - 3 - C	No afectada			3			2	1
		P8 - 3 - D	No afectada			4			0	0

	<b>P8- 4</b>	P8 - 4 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 4 - B	No afectada		2			2	2
		P8 - 4 - C	No afectada		3			1	1
		P8 - 4 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P8- 5</b>	P8 - 5 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 5 - B	No afectada		2			2	1
		P8 - 5 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 5 - D	No afectada		4			0	0

**Tabla 17**

*Biota en época seca*

Parcela	Muestras de suelo	Código de campo	Condición de estudio afectada y no afectada por el fuego	Código para SPSS	Profundidad (1 - hojarasca; 2 - 0 a 10 cm; 3 - 10 a 20 cm; 4 -	área de evaluación (m2)	Volumen de suelo (m3)	Abundancia	Diversidad
<b>P1</b>	<b>P1 - 1</b>	P1 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 1 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 1 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 1 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P1- 2</b>	P1 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 2 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 2 - C	Afectada		3			0	0

		P1 - 2 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P1- 3</b>	P1 - 3 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 3 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 3 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 3 - D	Afectada		4			0	0
		<b>P1- 4</b>	P1 - 4 - A	Afectada		1			0
	P1 - 4 - B		Afectada		2			0	0
	P1 - 4 - C		Afectada		3			0	0
	P1 - 4 - D		Afectada		4			0	0
	<b>P1- 5</b>	P1 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P1 - 5 - B	Afectada		2			0	0
		P1 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P1 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P2</b>	<b>P2 - 1</b>	P2 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P2 - 1 - B	Afectada		2			0	0
		P2 - 1 - C	Afectada		3			0	0
		P2 - 1 - D	Afectada		4			1	1
	<b>P2- 2</b>	P2 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P2 - 2 - B	Afectada		2			0	0
		P2 - 2 - C	Afectada		3			0	0
		P2 - 2 - D	Afectada		4			1	1
	<b>P2- 3</b>	P2 - 3 - A	Afectada		1			0	0
		P2 - 3 - B	Afectada		2			0	0

<b>P3</b>		P2 - 3 - C	Afectada		3			0	0	
		P2 - 3 - D	Afectada		4			0	0	
	<b>P2- 4</b>	P2 - 4 - A	Afectada		1			0	0	
		P2 - 4 - B	Afectada		2			3	1	
		P2 - 4 - C	Afectada		3			2	1	
		P2 - 4 - D	Afectada		4			0	0	
	<b>P2- 5</b>	P2 - 5 - A	Afectada		1			0	0	
		P2 - 5 - B	Afectada		2			0	0	
		P2 - 5 - C	Afectada		3			0	0	
		P2 - 5 - D	Afectada		4			0	0	
	<b>P3</b>	<b>P3 - 1</b>	P3 - 1 - A	Afectada		1			0	0
			P3 - 1 - B	Afectada		2			2	1
			P3 - 1 - C	Afectada		3			0	0
			P3 - 1 - D	Afectada		4			0	0
		<b>P3- 2</b>	P3 - 2 - A	Afectada		1			0	0
			P3 - 2 - B	Afectada		2			0	0
P3 - 2 - C			Afectada		3			0	0	
P3 - 2 - D			Afectada		4			0	0	
<b>P3- 3</b>		P3 - 3 - A	Afectada		1			0	0	
		P3 - 3 - B	Afectada		2			1	1	
		P3 - 3 - C	Afectada		3			0	0	
		P3 - 3 - D	Afectada		4			1	1	
<b>P3- 4</b>	P3 - 4 - A	Afectada		1			0	0		

		P3 - 4 - B	Afectada		2			0	0	
		P3 - 4 - C	Afectada		3			0	0	
		P3 - 4 - D	Afectada		4			0	0	
	<b>P3- 5</b>	P3 - 5 - A	Afectada		1			0	0	
		P3 - 5 - B	Afectada		2			0	0	
		P3 - 5 - C	Afectada		3			0	0	
		P3 - 5 - D	Afectada		4			0	0	
	<b>P4</b>	<b>P4 - 1</b>	P4 - 1 - A	Afectada		1			0	0
			P4 - 1 - B	Afectada		2			2	2
			P4 - 1 - C	Afectada		3			1	1
			P4 - 1 - D	Afectada		4			1	1
		<b>P4- 2</b>	P4 - 2 - A	Afectada		1			0	0
P4 - 2 - B			Afectada		2			0	0	
P4 - 2 - C			Afectada		3			0	0	
P4 - 2 - D			Afectada		4			0	0	
<b>P4- 3</b>		P4 - 3 - A	Afectada		1			0	0	
		P4 - 3 - B	Afectada		2			0	0	
		P4 - 3 - C	Afectada		3			0	0	
		P4 - 3 - D	Afectada		4			0	0	
<b>P4- 4</b>		P4 - 4 - A	Afectada		1			0	0	
		P4 - 4 - B	Afectada		2			0	0	
		P4 - 4 - C	Afectada		3			0	0	
		P4 - 4 - D	Afectada		4			1	1	

	<b>P4- 5</b>	P4 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P4 - 5 - B	Afectada		2			0	0
		P4 - 5 - C	Afectada		3			0	0
		P4 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P5</b>	<b>P5 - 1</b>	P5 - 1 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 1 - B	Afectada		2			5	1
		P5 - 1 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 1 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 2</b>	P5 - 2 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 2 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 2 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 2 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 3</b>	P5 - 3 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 3 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 3 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 3 - D	Afectada		4			1	1
	<b>P5 - 4</b>	P5 - 4 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 4 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 4 - C	Afectada		3			0	0
		P5 - 4 - D	Afectada		4			0	0
	<b>P5 - 5</b>	P5 - 5 - A	Afectada		1			0	0
		P5 - 5 - B	Afectada		2			0	0
		P5 - 5 - C	Afectada		3			0	0



		P5 - 5 - D	Afectada		4			0	0
<b>P6</b>	<b>P6 - 1</b>	P6 - 1 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 1 - B	No afectada		2			7	1
		P6- 1 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 1 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6- 2</b>	P6 - 2 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 2 - B	No afectada		2			1	1
		P6 - 2 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 2 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6- 3</b>	P6 - 3 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 3 - B	No afectada		2			1	1
		P6 - 3 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 3 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6- 4</b>	P6 - 4 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 4 - B	No afectada		2			0	0
		P6 - 4 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 4 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P6- 5</b>	P6 - 5 - A	No afectada		1			0	0
		P6 - 5 - B	No afectada		2			0	0
		P6 - 5 - C	No afectada		3			0	0
		P6 - 5 - D	No afectada		4			0	0
<b>P7</b>	<b>P7 - 1</b>	P7 - 1 - A	No afectada		1			0	0
		P7 - 1 - B	No afectada		2			1	1

		P7 - 1 - C	No afectada		3			0	0
		P7 - 1 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P7- 2</b>	P7 - 2 - A	No afectada		1			0	0
		P7 - 2 - B	No afectada		2			0	0
		P7 - 2 - C	No afectada		3			0	0
		P7 - 2 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P7- 3</b>	P7 - 3 - A	No afectada		1			0	0
		P7 - 3 - B	No afectada		2			0	0
		P7 - 3 - C	No afectada		3			0	0
		P7 - 3 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P7- 4</b>	P7 - 4 - A	No afectada		1			0	0
		P7 - 4 - B	No afectada		2			2	2
		P7 - 4 - C	No afectada		3			0	0
		P7 - 4 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P7- 5</b>	P7 - 5 - A	No afectada		1			0	0
		P7 - 5 - B	No afectada		2			0	0
		P7 - 5 - C	No afectada		3			0	0
		P7 - 5 - D	No afectada		4			0	0
<b>P8</b>	<b>P8 - 1</b>	P8 - 1 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 1 - B	No afectada		2			1	1
		P8 - 1 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 1 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P8- 2</b>	P8 - 2 - A	No afectada		1			0	0

		P8 - 2 - B	No afectada		2			0	0
		P8 - 2 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 2 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P8- 3</b>	P8 - 3 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 3 - B	No afectada		2			0	0
		P8 - 3 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 3 - D	No afectada		4			1	1
	<b>P8- 4</b>	P8 - 4 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 4 - B	No afectada		2			2	1
		P8 - 4 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 4 - D	No afectada		4			0	0
	<b>P8- 5</b>	P8 - 5 - A	No afectada		1			0	0
		P8 - 5 - B	No afectada		2			0	0
		P8 - 5 - C	No afectada		3			0	0
		P8 - 5 - D	No afectada		4			0	0

## Anexo 2: Panel fotográfico

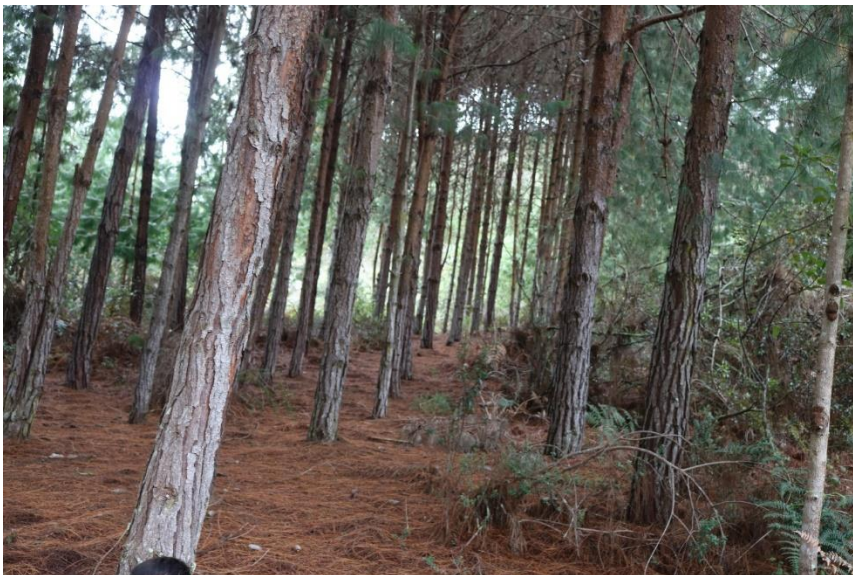
### Figura 12

*Foto del área afectada por el fuego*



### Figura 13

*Foto del área no afectada por el fuego,*





**Figura 14**

*Foto de medición y toma de temperatura de la muestra*



**Figura 15**

*Etiquetado de muestras*





**Figura 16**

*Extracción de macrofauna edáfica*



**Figura 17**

*Foto pesado de suelo de cada muestra*



**Figura 18**

*Foto de medición del PH*



**Figura 19**

*Foto de medición de textura*

