



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA COMO  
BIOINDICADOR DE LA COMUNA DOS MANGAS.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor:** Rosa Estefanía Pozo Magallán

**LA LIBERTAD, NOVIEMBRE 2024**



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA COMO  
BIOINDICADOR DE LA COMUNA DOS MANGAS.**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Requisito parcial para la obtención del título de:

**INGENIERA AGROPECUARIA**

**Autor/a:** Rosa Estefanía Pozo Magallán

**Tutor/a:** Ing. Daniel Ponce de León Lima, PhD.

**Cotutor:** Blga. Griselda Cabrera Dávila, PhD.

**LA LIBERTAD, 2024**

## TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ROSA ESTEFANÍA POZO MAGALLÁN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/2024



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA  
QUEVEDO PINOS**

---

Ing. Verónica Cristina Andrade  
Yucailla, PhD.  
**DIRECTORA DE CARRERA  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.  
**PROFESORA ESPECIALISTA  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**DANIEL  
ANTONIO  
PONCE  
DE LEON  
LIMA**

Firmado digitalmente  
por DANIEL ANTONIO PONCE  
DE LEON LIMA  
DN: cn=DANIEL ANTONIO  
PONCE DE LEON LIMA, o=EC,  
#QUITO#BANKO CENTRAL  
DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD  
DE CERTIFICACION DE  
INFORMACION ESCIBE,  
Motivo: Soy el autor de este  
documento  
Ubicación:  
Fecha: 2025-01-13 12:06:05:00



Firmado electrónicamente por:  
**NADIA ROSAURA  
QUEVEDO PINOS**

---

Ing. Daniel Ponce de León Lima, PhD.  
**PROFESOR TUTOR  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD  
**PROFESORA GUÍA DE LA UIC  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Firmado electrónicamente por:  
**WASHINGTON VIDAL  
PERERO VERA**

---

Ing. Washington Perero Vera, Mgtr.  
**ASISTENTE ADMINISTRATIVO  
SECRETARIO**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecer primero a Dios, quien es mi guía día a día, me da fuerzas para no rendirme y me ayuda a afrontar las situaciones que se me presentaron. A mi familia y amigas que han sido un pilar fundamental en mi vida personal y durante mi vida estudiantil.

A la Universidad Estatal Península Santa Elena, por darme la oportunidad de formarme como una profesional con los conocimientos adquiridos impartidos por los docentes en toda esta travesía como alumna. Agradecer a los maestros por tenernos paciencia a la hora de brindarnos sus conocimientos.

A mi tutor de tesis Ing. Daniel Ponce de León Lima, PhD. quien fue de mucho apoyo, guía y brindarme asesoramiento y sus conocimientos para poder concluir con mi trabajo de titulación.

A toda mi familia que siempre me ha brindado su apoyo de manera incondicional, me guiaron y me aconsejaron para no rendirme y me inculcaron principios y valores para poder concluir con mi vida estudiantil y poder convertirme en toda una Profesional.

A mis compañeros de clases, especialmente a mis amigas Jessica y Adamaris que durante toda esta etapa siempre han estado junto a mí, siempre apoyándonos en todo, aconsejándonos, agradecerles infinitamente por las risas y los momentos especiales.

Rosa Estefanía Pozo Magallán

## **DEDICATORIA**

A mi familia , especialmente a mi Padres, Esperanza Magallán Torres y Juan Pozo Pozo, por siempre apoyarme en cada paso que doy , por guiarme siempre, por aconsejarme , por ser mi pilar fundamental , por no dejarme sola en ningún momento por siempre tenerme paciencia por cuidarme y brindarme su amor, a mis hermanos por cada palabra de aliento para no rendirme ,a mis sobrinos por cada abrazo que me reconforta y me ayudan a no rendirme y ser mejor cada día , para en un futuro ser su ejemplo a seguir , para que ellos también sean unos grandes profesionales. Infinitamente gracias a toda mi familia , padres, hermanos, sobrinos y cuñada que han estado durante todo este proceso. Gracias por su apoyo incondicional.

Rosa Estefanía Pozo Magallán

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Comuna Dos Mangas perteneciente a la Provincia Santa Elena, en la cual se evaluó la incidencia de la macrofauna en dos tipos de uso de suelo: bosque tropical seco y cultivos de ciclo corto con la finalidad de obtener información para determinar la riqueza y abundancia de estos organismos que habitan en ambos ecosistemas. Los macroorganismos recolectados fueron mayores a 2 mm en 8 monolitos por cada uso de tierra, es decir, 16 monolitos en total, en un área de 25x25x30cm de profundidad, para finalmente identificarlos, clasificarlos de acuerdo con su taxonomía por familia para el registro final. Se evidenció que el mayor número de incidencia de los insectos fue recolectada en el área de cultivo con 2416 ind/m<sup>2</sup> destacando 3 familias con la mayor proporción las cuales son: Termitidae (40.4), Formicidae (10.6) y Geophilidae (9.9). En el área de bosque se extrajeron un total de 2128 ind/m<sup>2</sup> individuos, con familias: Formicidae (17.3), Staphylinidae (11.3) y Porcellionidae (10.5), como las más abundantes y representativas. En ambos ecosistemas se evaluaron los indicadores biológicos, la riqueza, diversidad, grupo funcional, densidad total de individuos, para lo cual se realizó análisis estadístico de TSBF, Kruskal-Wallis y Spearman Rho. En cuanto a la diversidad y el índice de riqueza de los grupos de individuos de acuerdo con el índice de Shannon y Simpson se lo encontró en bosque, y a la mayor dispersión se lo encontró en el área de cultivo.

Palabras Claves: Diversidad biológica, biodiversidad del suelo, macroinvertebrados, indicadores biológicos, variables edáficas.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the Dos Mangas Commune belonging to the Santa Elena Province, in which the incidence of macrofauna was evaluated in two types of land use: tropical dry forest and short-cycle crops in order to obtain information to determine the richness and abundance of these organisms that inhabit both ecosystems. The macroorganisms collected were larger than 2 mm in eight monoliths for each land use, that is, sixteen monoliths in total, in an area of 25x25x30cm deep, to finally identify them, classify them according to their taxonomy by family for the final record. It was evidenced that the highest number of insect incidence was collected in the cultivation area with 2416 ind/m<sup>2</sup> highlighting three families with the highest proportion which are: Termitidae (40.4), Formicidae (10.6) and Geophilidae (9.9). In the forest area, a total of 2128 ind/m<sup>2</sup> were extracted, with Formicidae (17.3), Staphylinidae (11.3) and Porcellionidae (10.5) as the most abundant and representative families. In both ecosystems, biological indicators, richness, diversity, functional group, total density of individuals were evaluated, for which TSBF, Kruskal-Wallis and Sperman Rho statistical analysis was performed. As for the diversity and richness index of the groups of individuals according to the Shannon and Simpson index, it was found in the forest, and the greatest dispersion was found in the cultivation area.

Key words: Biological diversity, soil biodiversity, macroinvertebrates, biological indicators, and edaphic variables.

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA COMO BIOINDICADOR DE LA COMUNA DOS MANGAS.**” elaborado por **Rosa Estefanía Pozo Magallán** declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

### Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



ROSA ESTEFANIA POZO  
MAGALLAN

---

Firma del estudiante



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema Científico</b> .....	<b>2</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos</b> .....	<b>2</b>
1. Objetivo General .....	2
2. Objetivos Específicos .....	2
<b>Hipótesis</b> .....	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>1.1. Suelo</b> .....	<b>4</b>
<b>1.2. Biodiversidad del suelo</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. Clima</b> .....	<b>5</b>
<b>1.4. Fauna edáfica</b> .....	<b>5</b>
1.4.1. Microfauna del suelo .....	6
1.4.2. Mesofauna del suelo .....	6
1.4.3. Macrofauna del suelo .....	7
<b>1.5. Macrofauna del suelo y clasificación de los Grupos Funcionales</b> .....	<b>7</b>
1.5.1. Detritívoros.....	8
1.5.2. Herbívoros .....	8
1.5.3. Ingenieros del suelo o del ecosistema.....	8
1.5.4. Depredadores.....	8
<b>1.6. Macrofauna como indicador biológico del suelo</b> .....	<b>11</b>
<b>1.7. Índices de diversidad</b> .....	<b>12</b>
1.7.1 Índice de Shannon .....	12
1.7.2. Índice de Simpson .....	13
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1. Localización y descripción del proyecto</b> .....	<b>14</b>
<b>2.2 Materiales y Equipos</b> .....	<b>15</b>
2.2.1. Materiales de campo.....	15
2.2.2. Materiales y equipos de laboratorio.....	15
2.2.3. Reactivos .....	16
2.2.4. Software .....	16
<b>2.3. Diseño Experimental del Ensayo</b> .....	<b>16</b>
2.3.1. Tipo de investigación .....	16
<b>2.3.2. Variables de estudio</b> .....	<b>16</b>
<b>2.3.3. Esquema de Muestreo Aleatorio estratificado</b> .....	<b>17</b>

<b>2.4. Manejo del Experimento</b> .....	<b>17</b>
2.4.1. Selección de las áreas a estudiar.....	17
2.4.2. Muestreo de la fauna edáfica.....	17
2.5.3. Procesamiento de muestras.....	18
<b>2.5. Análisis Estadístico</b> .....	<b>19</b>
2.5.1. Test Kruskal-Wallis.....	19
2.5.2. Speraman rho.....	19
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	<b>20</b>
<b>3.1. Zonificación del uso de la tierra</b> .....	<b>20</b>
3.1.1. Caracterización de los usos de la tierras en los sistemas de Bosque seco tropical y cultivo de ciclo corto.....	20
3.1.2. Análisis y comparación de las propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos.....	20
<b>3.2. Composición, dominancia y diversidad de la macrofauna edáfica en los dos sistemas de recolección</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4. Densidad de la macrofauna de los grupos funcionales</b> .....	<b>31</b>
<b>3.5. Indicador biológico Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica</b> .....	<b>32</b>
<b>3.6. Estadística no paramétrica de los índice de biodiversidad de la macrofauna edáfica</b> .....	<b>35</b>
<b>3.7. Correlación del análisis del suelo de los índice de biodiversidad y las variables edáficas</b> .....	<b>36</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>38</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>38</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>39</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>47</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificación de los organismo según su tamaño de la fauna edáfica .....	5
<b>Tabla 2</b> Estadística descriptivas de las propiedades físicas químicas de los suelos de los sistemas de Bstr (Bosque seco tropical) y CCC (Cultivo de ciclo corto), comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador.....	21
<b>Tabla 3.</b> Clasificación taxonómica por familias y grupo funcional de la macrofauna edáfica en dos sistemas de uso de tierra recolectada en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador.....	26
<b>Tabla 4.</b> Explicación de los valores de la fuerza de correlación según el valor de $Rho(\pm)$ .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comparacion de los elementos físicos químicos, pH y Fosforo,Sodio,RCa/Mg y RMg/K en ambos sistemas de uso Bosque seco tropical regenerado(Bstr) y Cultivo de ciclo corto (CCC) mediante el estadístico Kruskal-Wallis, representados en gráficos de Box plot. ....	25
<b>Figura 2.</b> Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica recolectada en la Comuna Dos Mangas Provincia Santa Elena, en dos usos de sistemas de tierra (A)Bosque seco tropical; (B)Cultivo de ciclo corto.....	30
<b>Figura 3</b> Diagrama de caja (Box Plot) de la densidad de los grupos funcionales Dep:Depredadores,Det:Detritívoros,Herb:Herbívoros,Omn:Omnívoros estudiados en dos sistemas de uso de tierra en la Comuna Dos Mangas;(A)Bosque seco tropical, (B) Cultivo de ciclo corto. ....	31
<b>Figura 4</b> Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el area de Bosque seco tropical estudiado en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena Ecuador, las barras representan la diferencia de abundancia que existe entre los grupos funcionales que integran el mismo. ....	33
<b>Figura 5.</b> Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el area de Cultivo de ciclo corto estudiado en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena Ecuador, las barras representan la diferencia de abundancia que existe entre los grupos funcionales que integran el mismo .....	34
<b>Figura 6.</b> Comparación de los Índices de biodiversidad Shannon (H), Simpson (D), Riqueza (S), Igualdad (J), en el sistema de Bosque seco tropical(A) y Cultivo de ciclo corto (B), mediante diagramas de caja que muestra el 50% de datos y bigotes que extiende los valores mínimo y máximos acompañados de un histograma que muestra la frecuencia de datos en diferentes intervalos y curva de densidad.....	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

**Figura 1A.** Extracción manual de la macrofauna del suelo

**Figura 2A** Identificación de las muestras de los insectos en el estereoscopio del laboratorio de suelo

**Figura 3A** Toma de fotos de los insectos mediante el estereoscopio en el laboratorio del suelo

**Figura 4A** Matriz de procesamiento de datos la macrofauna edáfica recolectada en los sistemas de uso de suelo, Bosque seco tropical y Cultivos de ciclo corto en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador.

**Figura 5A** Matriz de las propiedad físicas y químicas del suelo, índices de diversidad e importancia de los grupos funcionales

## INTRODUCCIÓN

La fauna edáfica conforma uno de los principales elementos del suelo, se encuentra representada por organismos presentes en los primeros centímetros de la capa superficial de la tierra. Cuenta con varias funciones las cuales trabajan en conjunto, con la carga bacteriana, desintegración de los residuos vegetales que contribuyen en el intercambio de materia orgánica e inorgánica formando almacenes de oxígenos para la aireación del suelo y actuando como controles biológicos de plagas (Caicedo-Rosero *et al.*, 2021).

El suelo establece el funcionamiento de los agro sistemas que desempeñan varios procesos los cuales se clasifican en: físicos, químicos y biológicos que se evidencian en la estructura, textura y la cantidad de nutrientes que posee. Existen diferentes características en cuanto a la calidad que van desde el ámbito ambiental hasta el ámbito productivo (Pozo-Galves *et al.*, 2017). Respecto a los factores biológicos nos encaminaremos en la diversidad de la macrofauna que posee la Comuna Dos Mangas correspondiente a la península Santa Elena.

El ecosistema de la macrofauna del suelo cumple funciones ecológicas basadas en las condiciones edafoclimáticas que se presentan en el sitio. Son considerados bioindicadores de la biodiversidad que existe en el suelo, debido a la presencia de los microorganismos que desarrollan interacciones ecosistémicas en las que pueden ocasionar variaciones en cuanto a su abundancia y composición (Machado-Cuellar *et al.*, 2021a).

La provincia Santa Elena cuenta con la presencia de bosques tropicales con una gran diversidad en flora y fauna con diferente grado de intervención y degradación, en algunos casos bosques regenerados, entre los sitios que se encuentra este tipo de ecosistema esta la comuna Dos Mangas ubicado en la parroquia Manglaralto la cual presenta dos tipos de ecosistemas: el bosque subhúmedo que cuenta con garua y el bosque seco que se encuentra en las laderas.

El presente documento se enfoca en informar las características más relevante de la diversidad de la macrofauna edáfica presente en el área de la comuna Dos mangas para determinar la calidad y uso de la macrofauna como bioindicador del suelo.

### **Problema Científico:**

¿Cuál es el impacto que puede generar el uso de la tierra en la biodiversidad de la macrofauna edáfica y su posible uso como bioindicador en áreas de la Comuna Dos Mangas?

### **Justificación**

La importancia de la macrofauna edáfica en los diferentes tipos de ecosistema nos permite conocer acerca de la salud del medio ambiente y los papeles fundamentales que desempeñan en cada una de ellas como por ejemplo los servicios ecosistémicos, entre los cuales encontramos la liberación y secuestro de carbono y el cambio climático. Estos organismos son considerados indicadores de la biodiversidad lo cual muestran el nivel de riqueza de la diversidad que contiene un entorno natural, por lo que al estar ligada con tributos físicos y químicos que manifiestan el desarrollo, la productividad y mantenimiento de este. La comuna Dos Mangas enfrenta desafíos relacionados con la conservación y el uso de la tierra por lo que al realizar el estudio de la caracterización de la macrofauna edáfica podemos obtener información sobre el estado en el que se encuentra y poder tomar medidas de conservación. Para determinar el funcionamiento edáfico y del ecosistema se fundamenta a partir de las propias características de las comunidades es decir de los grupos funcionales que se relaciona con la abundancia y diversidad de los organismos. Se determina que los grupos funcionales que componen la macrofauna del suelo se justifican debido a su importancia funcional y una respuesta aparente ante posibles perturbaciones

### **Objetivos**

#### ***1. Objetivo General:***

Caracterizar la diversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en áreas de bosque subhúmedo y cultivos de ciclo corto de la Comuna Dos Mangas perteneciente a la Provincia Santa Elena.

#### ***2. Objetivos Específicos:***

1. Describir los usos y el estado ecológicos del suelo de la Comuna Dos Mangas mediante la Macrofauna Edáfica.
2. Analizar cuál es la relación que existe entre los parámetros edafoclimáticos y la macrofauna del suelo de la Comuna Dos Mangas.

## **Hipótesis**

La supervivencia de la macrofauna edáfica depende de varios factores como las condiciones edafoclimáticas y el uso de suelos lo cual se puede verse afectada la abundancia, la diversidad de los grupos funcionales y su estado ecológico.



# **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1. Suelo**

El suelo es considerado como recurso principal de numerosos servicios ecosistémicos de la naturaleza, los cuales consisten en el mantenimiento de su estructura, el suministro de nutrientes requeridos por las plantas para su vital desarrollo, la regulación del clima y la biodiversidad de los organismos presentes en el suelo que va desde pequeñas bacterias hasta los nematodos (Tapia *et al.*, 2016).

Los diferentes elementos que contiene el suelo son fundamentales alimentos para la supervivencia de los organismos ya que ellos son los encargados de mantener el equilibrio de la fertilidad edáfica del ecosistema. Los principales componentes son: nitrógeno, fosforo, potasio, calcio, azufre, carbono, etc (Arias *et al.*, 2018).

La intensidad del uso significativo de la tierra genera un impacto en la diversidad y abundancia de la macrofauna. Por lo tanto, las prácticas de manejo sostenible contribuyen al favorecimiento de obtener y mantener una mayor diversidad y abundancia de organismo lo que influye positivamente en la salud y eficiencia del ecosistema (Hernández *et al.*, 2020a).

## **1.2. Biodiversidad del suelo**

La biodiversidad del suelo está establecida por la productividad de la tierra, ya que en ella habitan un sin número de organismos los cuales interactúan entre sí. Así como existen procesos que ayudan a mantener el equilibrio del ecosistema como: la descomposición de materia orgánica, liberación de nutrientes y la fertilidad de suelo entre otros, también hay componentes que ponen en peligro el bienestar de la biodiversidad que son: el cambio del uso de suelo, deforestación, la erosión y otras prácticas como el uso excesivo de químicos, etc, (Dolores, 2022).

Como señala Schoebitz (2018) “El suelo es un sistema muy diverso y complejo que alberga el 25% de toda la biodiversidad y presenta la más alta concentración de biomasa del planeta”. Existe una estrecha relación entre la microbiota del suelo y los servicios ecosistémicos para esto es imprescindible la identificación de los organismos que habitan en el para poder diferenciar las funciones que cumplen cada uno de ellos en el suelo, como, por ejemplo: organismos fijadores de nitrógeno, degradadores de materia orgánica y controladores biológicos de plagas.

La distribución espacial y temporal de los animales invertebrados se encuentra condicionada por varios factores ambientales como: las precipitaciones y la estacionalidad climática, en los suelos tropicales se caracterizan por presentar variables edafoclimáticas como la temperatura y humedad del suelo. En época lluviosa se observa mayor variedad y abundancia de fauna edáfica debido a que el agua contribuye con los procesos vitales como la supervivencia y reproducción de estos organismos (Cabrera and López, 2018)

### 1.3. Clima

Las diferentes agrupaciones que conforman la macrofauna edáfica habitualmente tienen variaciones en cuanto a su abundancia y composición debido al cambio contante del clima. Las condiciones edafoclimáticas, en particular la temperatura juega un papel importante a lo largo del gradiente altitudinal que perjudican en la dinámica del suelo por lo que se ha demostrado que los organismo de la macrofauna depende de los factores climáticos propiedades del suelo (Machado *et al.*, 2021)

### 1.4. Fauna edáfica

La fauna edáfica o también conocida como fauna del suelo está conformada por organismos que viven en el interior y la superficie del suelo, algunos de estos organismos que habitan en la capa superficial se encuentran en los troncos en descomposición y en las hojarascas producida por los árboles de diferentes especies los cuales forman parte fundamental para la provisión de energía y parte nutritiva del hábitat. Dentro de la diversidad de la macrofauna se encuentra invertebrados que son visibles a simple vista con una longitud de igual o mayor a 10 mm y un diámetro mayor a 2 mm (Dávila *et al.*, 2022).

De acuerdo con Castro López (2017), existen varias clasificaciones para describir la diversidad edáfica, la cual “se basa en clasificar los organismos del suelo en tres grandes grupos según su diámetro corporal las cuales son: microfauna, mesofauna y macrofauna.

**Tabla 1.** Clasificación de los organismo según su tamaño de la fauna edáfica.

Microorganismo	Microflora	< 5 $\mu\text{m}$	Bacterias Hongos
	Microfauna	<100 $\mu\text{m}$	Protozoarios Nematodos
Macroorganismos	Mesoorganismos	100 $\mu\text{m}$ -2 $\mu\text{m}$	Gusano de primavera Ácaros
	Macroorganismos	2-20 mm	Lombrices Milpiés

Plantas	Algas Raíces	10µm >10µm	Barrenador de madera Caracoles y babosas
---------	-----------------	---------------	---

Fuente:( Lema Veloz, 2016)

#### **1.4.1. Microfauna del suelo**

Son considerados elementos funcionales y fundamentales de la biota del suelo, debido al rol que realizan como la transformación de nutrientes, flujo de energía y el reciclaje de elementos (Murillo *et al.*, 2019). Los organismos que conforman el grupo de la microfauna generalmente son menores a 0.2 mm en el cual encontramos a los: protozoarios, nematodos, colémbolos, ácaros, hongos y bacterias. El propósito de estos pequeños microorganismos es el mantenimiento y la fertilidad del suelo con la aportación de los nutrientes básicos para la funcionalidad del ecosistema del suelo, permitiendo la producción de biomasa y el mantenimiento de la biodiversidad (Martínez, 2022).

En la investigación de Cuevas *et al.*(2019) señala que en un estudio de diferentes uso de suelo el cultivo de caña de azúcar tuvo mayor población de bacterias solubilizadoras de fosforo en comparación del suelo con vegetación nativa que sobresalieron las bacterias fijadoras de nitrógeno.

#### **1.4.2. Mesofauna del suelo**

Está conformada por organismos que contienen un diámetro entre 200 µm y 2 mm, entre los cuales encontramos a los ácaros, colémbolos, enquitreidos, proturos, sínfilos, pseudoescorpiones. Entre los organismos más abundantes y diversos encontramos a los ácaros y colémbolos cumpliendo su función como indicadores ecológicos por su poca dispersión y su corto ciclo de vida (Sánchez De Prager, *et al.* 2015).

Como señala Nicosia *et al.*(2020): El grupo de artrópodos compone entre el 72 y el 98% de los individuos de la fauna total de artrópodos del suelo, por lo cual forman parte de la mesofauna edáfica puesto que cumplen funciones relevantes como:

- Aceleradores que estimulas la actividad microbiana de la materia orgánica.
- Ciclo de los nutrientes
- Conservación de factores físicos del suelo tales como la aireación, retención de agua y circulación de la materia orgánica.

Con base al análisis de Socarrás (2018) el estudio realizado en 3 diferentes áreas de suelo de recolección de la mesofauna dio como resultado que la mayor diversidad de organismo detritívoros habitan en los bosques secundarios y en los sistemas silvopastoriles presentando variedad de especies, en cuanto a los pastizales se encontraron menor cantidad demostrando que existe un impacto negativo en la biodiversidad del suelo.

#### **1.4.3. Macrofauna del suelo**

La macrofauna edáfica aporta un sin número de beneficios para el ecosistema los cuales son: el secuestro y liberación de carbono, el cambio climático y la regulación de la formación de los gases atmosféricos (Murillo *et al.*, 2019). Se encuentra conformada por organismos con un diámetro superior a los 2 mm, los cuales ayudan en la contribución del control de la estructura del suelo que modifican su agregación y porosidad mejorando la infiltración y cambiando los patrones de retención de agua aportando a la mineralización de la materia orgánica. Entre los organismo que encontramos en este grupo son: gasterópodos, miriápodos y lombrices de tierra (Morales *et al.*, 2021).

Según estudios realizados sobre la macrofauna del suelo en dos sitios de bosque tropicales y secundarios como pastizales y cultivos en cuba afirman (Cabrera and López, 2018) que los resultados obtenidos de la fauna recolectada en los diferentes lugares fue muy similar, los organismos más abundantes fueron los detritívoros de las hojarascas, los ingenieros del suelo y los depredadores, sin embargo cabe recalcar que las familias dominantes no eran las misma de cada sitio. Este estudio se realizó en dos estaciones del año, es decir, en época lluviosa y de sequía.

#### **1.5. Macrofauna del suelo y clasificación de los Grupos Funcionales**

La macrofauna edáfica está condicionada tanto por la cantidad como calidad de la materia vegetal generada por las plantas que se encuentra presente en el suelo, lo que contribuye a comprender el funcionamiento y manejo del mismo (Martins *et al.*, 2021). La macrofauna comprende más de 20 grupos taxonómicos, entre los grupos de los organismos más importantes encontramos a los macroinvertebrados que cumplen funciones en el suelo como la actividad microbiana en los procesos de mineralización y humificación de la MO (Morales *et al.*, 2021) y los ingenieros de ecosistemas que ayudan con la creación de estructuras biogénicas para la modificación de las propiedades físicas del suelo (Brown *et al.*, 2015).

Existe un sin número de diversidad de animales invertebrados en la macrofauna del suelo los cuales se diferencia por la función que cada uno de los grupos puedan desarrollar dentro del ecosistema (Heděnac *et al.*, 2022). En los cuales se encuentran:

#### **1.5.1. Detritívoros**

El grupo funcional de los detritívoros abarca la mayor parte de los invertebrados que habitan tanto en el interior como exterior del suelo. Se alimentan de la materia muerta y en proceso de descomposición, ayudan al reciclaje de nutrientes que contribuyen al proceso ecológico del suelo e influyen directamente en los insectos que se alimenten de los cultivos (Díaz and Blanco, 2022).

Principalmente los organismos epigeos cumplen con funciones a nivel superficial ya que al suministrar alimento como las hojarascas ayudan a la fragmentación lo que inicia con el proceso de la descomposición aumentando la exposición del ataque de la microflora (Chávez *et al.*, 2021).

#### **1.5.2. Herbívoros**

La depredación de los organismos que habitan en el suelo es considerada como un importante controlador de la estructura de la trama trófica. Entre el 40 y 90 % de la producción primordial corresponde a partes subterráneas de las plantas las cuales es consumida por los invertebrados herbívoros en su mayoría insectos los cuales son: chinches, salta hojas, orugas, larvas de escarabajos y grillos (Romero, 2024).

#### **1.5.3. Ingenieros del suelo o del ecosistema**

Los ingenieros del suelo realizan estructuras físicas dentro del suelo, favoreciendo la estructura, el movimiento, retención de agua, formación de agregados, así como también el intercambio gaseoso. En estos procesos intervienen grupos de consumidores de materia orgánica, ejemplos las lombrices (*Haplotaxida*), termitas (*Isóptera*), y organismos omnívoros como las hormigas (Hymenoptera: *Formicidae*) (Cabrera *et al.*, 2011). Las hormigas se las considera parte de este grupo debido a su tipo de alimentación basada en consumir materia vegetal y animal (Toapanta, 2024)

#### **1.5.4. Depredadores**

Los depredadores forman parte esencial de los ecosistemas edáficos, entre ellos encontramos a los hemípteros, coleópteros y dípteros. Cumplen funciones como la

regulación de las poblaciones, aceleración en la descomposición de la materia orgánica, liberación de nutrientes, etc (Benavent, 2023).

Desde el punto de vista Kelly *et al.*(2020): las comunidades de macrofauna han demostrado que dependen de la materia orgánica en descomposición para su alimentación, por ende, estos organismos se ven favorecidos cuando se reduce labores como la labranza lo cual ayuda al aumento de la materia orgánica.

En el estudio realizado por Gutiérrez *et al* (2020) se destaca la importancia de varios grupos de la macrofauna como los anélidos (lombrices), insectos (termitas y hormigas), artrópodos (milpiés) debido al rol que desempeñan en la estructura y funcionalidad del suelo que los convierte en principales indicadores de la salud del suelo.

Las lombrices de tierra son consideradas ingenieros del ecosistema, se identifican por ser gusanos segmentados, de forma cilíndrica, textura blanda y húmeda. El cuerpo se divide en dos segmentos, en la cual encontramos el segmento anterior o también conocido como parte anterior del cuerpo en la cual está situada la boca e internamente estructuras como el sistema nervioso, circulatorio y reproductivo, en la parte posterior hallamos el intestino que abarca a lo largo del cuerpo hasta llegar al ano.

Su principal función es la modificación de las propiedades físicas del suelo que regulan la compactación, la porosidad y humedad. Se clasifican según sus características ecológicas como el tipo de alimentación y el lugar donde viven entre ellas encontramos 3 grupos que son: Epigeas, anécicas y endogeas (Lema, 2016).

Las babosas y caracoles poseen una cabeza diferenciada, disponen de tentáculos extremos en la cual se encuentran los ojos y un pie musculoso que les permite moverse. A diferencia de los caracoles, las babosas no tienen el caparazón, su cuerpo es húmedo, que segrega una secreción mucosa que ayuda en sus movimientos. Los caracoles están cubiertos por una concha rica en carbonato de calcio de forma oval, que les sirve como protección de los depredadores. Tanto las babosas como los caracoles viven entre las hojarasca y se alimentan de materia orgánica en descomposición (Cabrera, 2014).

Las cochinillas son pertenecientes de la familia Pseudococcidae, se diferencian por su estructura oval y blanda, su tamaño varía dependiendo de la especie. Presentan

dimorfismo sexual, lo que supone que la morfología de la hembra es opuesta al del macho, cuando entran en la etapa de la adultez y madurez reproductiva experimentan una metamorfosis en la que pasan por un estadio de pupa y se observan cambios semejantes a los dípteros presentándose un par de alas y antenas invisibles. Uno de sus métodos de defensa y supervivencia contra enemigos naturales es de la vivir en grupos (Delgado , 2021).

Los milpiés también conocidos como diplópodos perteneciente a la clase de miriápodos, se encuentran en la tercera clase más diversa de animales invertebrados descritas a nivel mundial. Son artrópodos que habitualmente viven en el suelo su nombre hace referencia al número elevado de patas que posee. A pesar de su extensa distribución tienen poca capacidad de dispersión (Gilgado, 2024).

Los ciempiés forman parte de la fauna edáfica de los desiertos, selvas e incluso de los bosques de las regiones tropicales y subtropicales del planeta. Son artrópodos depredadores pertenecientes a la clase chilopoda, se distinguen por presentar el cuerpo blando y segmentado, donde la cabeza se encuentra diferenciada del tronco, en cada sección se observa un par de patas cuyo número varía dependiendo la especie: se encuentran entre 15 a 191 pares en todo el cuerpo, es decir, 30 a 382 patas. Su tamaño varía desde los 10 cm hasta los 26 cm (Cupul-Magaña, *et al.*, 2019).

Las arañas destacan en los ecosistemas por su principal función como depredadores, al realizar acciones como de control biológico en insectos, además pueden alcanzar niveles de riqueza en especie y abundancia. Estos animales muestran su dependencia tanto en el hábitat local como a la conformación del paisaje. Ayudan en procesos como la fragmentación y reciclado de nutrientes modificando la estructura del suelo (Almada *et al.*, 2017).

Los escarabajos son un grupo de insectos numerosos y diversos que habitan en los bosques tropicales, son considerados para el funcionamiento de los ecosistemas. Su hábito alimenticio se basa en el comportamiento de nidificación por lo que favorece diversos procesos ecológicos como el reciclaje de nutrientes, la bioturbación del suelo y la dinámica de semillas (Arias *et al.*, 2022).

Las tijeretas son insectos de cuerpo alargado, tamaño mediano e incluso pequeño, aparato bucal de tipo masticador, generalmente habitan bajo las piedras, en las futas o en la

corteza de los árboles. La mayor biodiversidad se encuentra en los bosques de las regiones tropicales. Su alimentación es de tipo omnívoro, aunque algunas especies son predadoras (Herrera, 2016).

Los chinches pertenecen al orden de los hemípteros que se caracterizan por sus alas y piezas bucales y poseen una alimentación en función de su aparato bucal, es decir, por succión transforman sus piezas bucales en estructuras alargadas para poder picar e inyectar su saliva.(Cordova, 2019).

Las hormigas pertenecientes a la familia Formicidae son considerados importantes indicadores ecológicos, ya que estiman una amplia gama de especies funcionales que operan en casi todos los estratos de los agroecosistemas, las funciones que cumplen en la fauna edáfica son: controladores de plagas e introducción de materia orgánica en el suelo (Arenas *et al.*, 2018). También se caracterizan por adaptarse a varios ambientes (Noguera *et al*, 2017).

Las termitas son insectos pertenecientes a los órdenes dípteros y coleópteros conocidos como necrófagos que son responsables de la remoción y descomponían significativa de los cadáveres de la fauna (Solari *et al.*, 2020). Según Abadía L., *et al* (2013): Son considerados uno de los principales elementos de la fauna edáfica, debido a que aceleran el ciclo de nutrientes y proporcionan la fertilidad del suelo, aunque algunas especies de son consideradas plagas en diferentes partes del mundo, a consecuencia del desplazamiento de su hábitat natural, donde se ha removido la vegetación nativa impidiéndolos de sus recursos alimenticios.

#### **1.6. Macrofauna como indicador biológico del suelo**

Los indicadores de la calidad de suelo están ligados con los procesos y propiedades físicas, químicas y biológicas que ocurren en el ecosistema, ya que determinan la calidad y capacidad productiva, además de realizar monitoreos en los cambios que alteran el equilibrio ecosistémico por el uso intensivo del suelo. Desde el punto biológico, la evaluación del estado de conservación o perturbación del suelo depende de la macrofauna edáfica presente en el lugar, ya que comprenden de varios grupos de invertebrados según las características visibles que presenten (Pozo, 2020).

Según Cabrera (2012) “Varios organismos que conforman la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de



tierra (*Annelida: Oligochaeta*), las termitas (*Insecta: Isóptera*) y las hormigas (*Insecta: Hymenoptera: Formicidae*), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros.

Se determinan tres indicadores de la calidad del suelo en la cual encontramos:

- Físicos: la calidad física del suelo está relacionada con el eficiencia del uso de los recursos naturales, es decir, uso eficiente del agua y de los nutrientes lo que beneficia a la reducción de emisiones de los gases de efecto invernadero.
- Químicos: los indicadores químico trata de la relación que existe entre suelo-planta, lo que conlleva al estudio de la fertilidad del suelo, la conductividad eléctrica, la capacidad de absorción de fosfato, la capacidad de intercambio de cationes, el pH, etc. Lo que permite evaluar los procesos de del crecimiento de las plantas hasta la calidad del agua.
- Biológicos: Evalúan las mediciones de las actividades microbianas, la productividad del suelo, aporte potencia de N que son los responsables de la descomposición de la materia orgánica y la formación de la estructura del suelo (García, *et al.* 2012)

## 1.7. Índices de diversidad

Según plantea Villarreal *et al.* (2019) “Los índices de diversidad estiman la variedad que existe en una comunidad de acuerdo al número de especies existentes, el número de individuos de cada una de las especies y su dispersión en el espacio evaluado”. Entre los índices de diversidad tenemos:

### 1.7.1 Índice de Shannon

El índice de Shannon también conocido como Shannon-Weaver, es utilizado para calcular la biodiversidad específica de los organismo presente en la macrofauna. Se basa en dos factores específicos como: el número de especies presentes y la abundancia relativa. De la misma forma Shannon Weaver determina el grado de incertidumbre que existe para prever la especie a la que pertenece un individuo extraído al azar de la comunidad para un numero dado de especies e individuos, es decir, la función tendrá valor mínimo cuando todos los individuos pertenezcan a una sola especie y valor máximo cuando todas las especies tengan misma cantidad de individuos (Pérez, 2019a).

El índice de Shannon se define como:

### 1.7.2. Índice de Simpson

$$H = - \sum_{i=1}^s \pi_i \ln \pi_i$$

$$i=1$$

Simpson se fundamenta en la diversidad o riqueza que representa cada especie en un sitio específico, es decir, se centra en la probabilidad que dos individuos elegidos al azar pertenezcan a la misma especie (Salmerón *et al.*, 2017). El índice de Simpson se define:

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

*D: Índice de Simpson*

*n: Número total de organismos de una especie*

*N: Número total de organismo de todas las especies*

Como indica Banda *et al* (2021):“Su principal ventaja radica en su capacidad para sintetizar el peso que diferentes categorías ejercen sobre la homogeneidad o heterogeneidad de una comunidad en una sola medida.”

## CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Localización y descripción del proyecto

La ubicación geográfica de la comuna Dos Mangas se encuentra a 7 km de la parroquia Manglaralto perteneciente al Cantón Santa Elena, en las estribaciones de la cordillera Chongon-Colonche. Sus límites son:

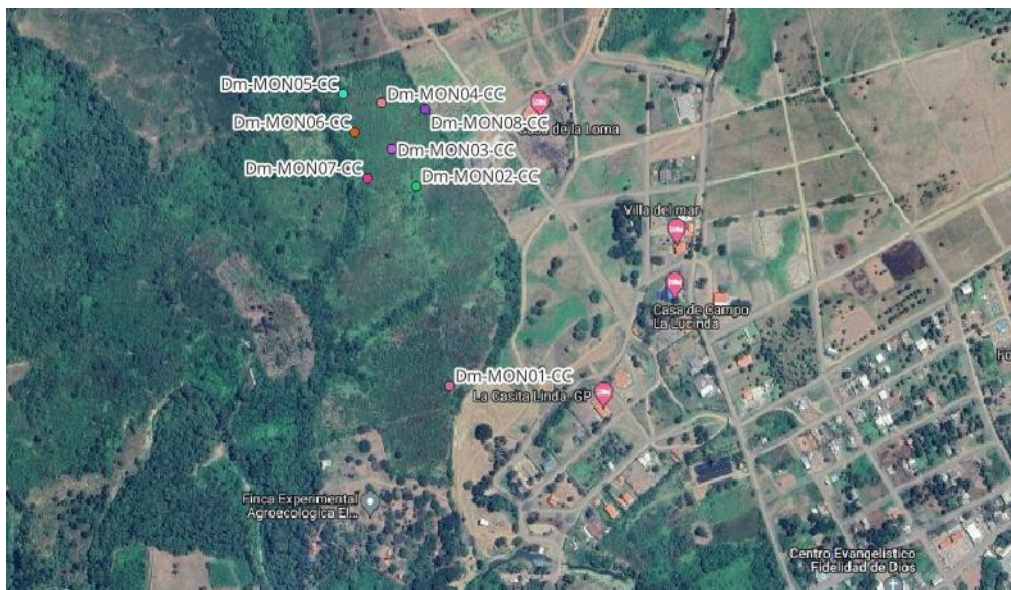
Norte: Olón y San Vicente.

Sur: Cadeate y Barcelona.

Este: Las Delicias y la provincia de Manabí.

Oeste: Pajiza y Manglaralto (Lainez, 2022).

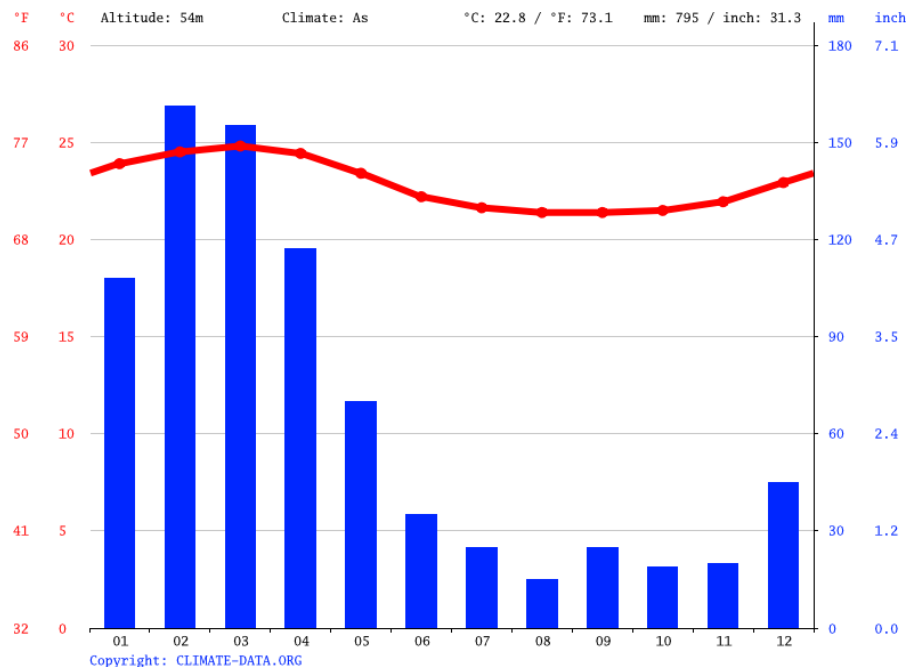
En la opinión de Gomez *et al.*(2022) y Sarmiento (2017):” Los bosques subhúmedo tropicales son los ecosistemas más diversos del planeta y, a pesar de que representan el 7% de la superficie terrestre, albergan tal vez el 50% de todas las especies terrestres conocidas por la ciencia, además son recursos importantes que proporcionan diversos beneficios ambientales, económicos y sociales



**Imagen 1.**Ubicación de los puntos en los que se hizo la extracción de la macrofauna edáfica en la Comuna Dos Mangas.

El clima que presenta la comuna dos mangas se caracteriza por ser un clima templado con una temperatura media anual registrada de 22.8 °C, se produce un total de 795 mm de precipitación anual, siendo el mes de febrero con mayor cantidad de precipitación con un valor de 161 mm y el mes de agosto con un nivel bajo de 15 mm de lluvia. La temperatura varía según el mes, siendo el mes de marzo con las temperaturas alto alcanzando su temperatura

media de 24,8 °C, y agosto presentando temperaturas bajas obteniendo una lectura media de 21,4 °C.



**Imagen 2.** Análisis anual de las temperaturas y precipitaciones de la Comuna Dos Mangas.

## 2.2 Materiales y Equipos

### 2.2.1. *Materiales de campo*

Son herramientas esenciales para la recolección y preservación de los insectos a estudiar, cabe recalcar que cada una de ellas cumple una función específica que nos facilita realizar el trabajo con mayor precisión. Entre los materiales encontramos: el kit entomológico, espátula, bandeja plástica, pala, machete, frascos herméticos para la recolección de la macrofauna, fundas plásticas, marcadores, esfero y cuaderno o libreta.

### 2.2.2. *Materiales y equipos de laboratorio*

Son herramientas esenciales en las cuales cada una de ellas cumple una función específica como:

- Máscaras: protege de inhalar sustancias tóxicas que se puedan utilizar realizando un experimento en el laboratorio.
- Estereoscopio MOTIC LED, SMZ-171 TLED: Nos ayuda a obtener una imagen mucho más amplia y mejorada ya que gracias sus beneficios se puede realizar disecciones de muestras de los insectos y se realiza control de calidad

- Aspiradoras artesanales de hormigas y termitas: Permite la captura de las hormigas y termitas de una manera eficiente, sin causarles ningún tipo de daño, lo que nos beneficia de poder obtener algún tipo de riesgo de picaduras de estos insectos.
- Computadora Hp: nos permite obtener una base de recolección de la macrofauna

### **2.2.3. Reactivos**

Son sustancias químicas para la conservación de la macrofauna en este caso se utilizó alcohol al 70% con el fin de conservar el color, el tejido y la forma de las especies recolectadas y formol al 4% para preservación de los tejidos blandos de una manera eficaz en las lombrices.

### **2.2.4. Software**

Facilitan el procesamiento de los datos e información específica de la macrofauna. En QGIS 3.28 LTR nos permite trabajar con la información geográfica de lugar del estudio, R-studio V 2023.06.1+524 y R versión 4.3.1 (R Core Team, 2023) nos ayuda con el análisis estadísticos de las bases de datos de la macrofauna creando gráficos para una mejor explicación de los resultados. Y Motic images plus 3.0: captura imágenes de excelente calidad de la macrofauna recolectada.

## **2.3. Diseño Experimental del Ensayo**

### **2.3.1. Tipo de investigación**

La investigación se basa en una investigación no experimental, que busca estudiar las relaciones entre organismos y su entorno lo cual incluye variables ambientales. Para la ubicación del sitio se tiene en cuenta las cuencas hidrográficas, clima y tipo de vegetación del lugar.

### **2.3.2. Variables de estudio**

#### **Densidad**

Cantidad de organismos expresados en ind.m<sup>2</sup>, evaluados tanto en el total de la macrofauna edáfica y los grupos funcionales para determinar la abundancia y números de individuos encontrados en la recolección indicando la riqueza que existe en el suelo.

#### **Número de individuos**

Cantidad de organismo de esta o de diferentes especies que se encuentra en un lugar determinado, lo cual nos permitirá monitorear si la comunidad de los organismos crece o decrece o se mantiene con el pasar del tiempo.

## **Equidad**

Mide la correlación de la diversidad con relación a la máxima diversidad esperada por cada sitio de estudio. Su valor va desde 0 a 0.1, lo que indica que 0.1 corresponde al sitio donde todas las especies son igualmente abundantes (Pérez and Álvarez, 2019).

### **2.3.3. Esquema de Muestreo Aleatorio estratificado**

El muestro estratificado se caracteriza por maximizar la precisión de las estimaciones al dividir la población a estudiar por grupos en función de una variable (Casal y Mateo, 2003), en este caso la macrofauna edáfica que está presente en las áreas de la Comuna Dos Mangas, lo cual se realiza mediante la técnica de aleatorio simple. Por lo que consideran Otzen y Manterola (2017) la técnica de aleatorio simple “Garantiza que todos los individuos que componen la población tienen la misma oportunidad de ser incluidos en la muestra”.

## **2.4. Manejo del Experimento**

Se consideran varias etapas y decisiones que se tomaron a cabo durante todo el experimento. A continuación, se describirán de manera organizada, desde la selección del sitio a estudiar hasta la identificación de los insectos recolectados.

### **2.4.1. Selección de las áreas a estudiar**

Se realiza el recorrido en las áreas del bosque subhúmedo y cultivos de ciclo corto a estudiar con la finalidad de llevar a cabo un muestreo de tipo aleatorio estratificado para la identificación de la macrofauna presente en la Comuna Dos Mangas. Para lo cual se utilizó la metodología Tropical Soil Biology and Fertility es un método utilizado para muestreo y análisis de la fauna del suelo particularmente usado en hormigas. Según propone (Pérez and Álvarez, 2019a): se determina la diversidad y abundancia que se ha recolectado en los monolitos y en sus diferentes capas para luego identificarlos y separarlos según al grupos taxonómicos que pertenecen, pueden ser clasificado ya sea por familia y órdenes.

### **2.4.2. Muestreo de la fauna edáfica**

La unidad de muestreo de cada monolito comprende de un área de 25 x 25cm y 30cm de profundidad, siguiendo con el diseño completamente aleatorio. Se establecen 8 unidades básicas por muestreo en el sitio a estudiar previamente identificados. Para la recolección de los organismos, se los extrae con pinzas de punta plana colocándolos en recipientes herméticos con tapa para su respectiva conservación.

### **2.5.3. Procesamiento de muestras**

#### **Manejo de los invertebrados en el laboratorio**

Luego de haber culminado con la recolección de la macrofauna en los sitios previstos se procedió a llevarlos al laboratorio con la finalidad de limpiar los residuos de tierra para obtener una muestra más fácil de manipular. Después se empezó a contabilizar los insectos de manera manual con el fin de recabar datos precisos de la abundancia de cada especie recolectada, para así colocarlos en frasco con su respectiva identificación, es decir, la profundidad en la que fueron encontrados, el monolito al que corresponde y el lugar de la recolecta. Cabe destacar que para las lombrices se utiliza formaldehído al 4% y los demás organismos se conservan en alcohol al 70% para evitar la descomposición de estos organismos.

Para la identificación de cada uno de los organismo se realiza a través de su nivel taxonómico, clasificándolos al grupo funcional que pertenezcan de acuerdo con las características biológicas que presentan.

#### **Identificación y procesamiento de la imagen**

Para la identificación de cada uno de los insectos recolectados se lo realizó a manera de nivel de orden y familia, lo que determina a que grupo funcional pertenecen, indicando su desempeño del papel ecológico que realizan dentro del ecosistema Una vez concluida la identificación se realiza el procesamiento de la imagen con ayuda del microscopio y el programa Motic.

Finalmente se realiza el inventario de todas las muestras procesadas, clasificándolas por el lugar de extracción lo que nos permite comparar la diversidad de especies que existen en ambos ecosistemas.

#### **Procesamiento estadístico y evaluación del comportamiento de indicadores biológicos, físicos y químicos del suelo en diferentes usos y manejos del suelo.**

Para el procesamiento estadístico se utilizó la estadística de Kruskal- Wallis (no paramétrica), para establecer a nivel de Familia y grupo funcional por cada area de estudio ( Bstr y CCC). Con los datos obtenidos de la recolección de organismos en las diferentes áreas, identificados a nivel de familia se evaluará el indicador detritívoro/no detritívoro, relación depredador/herbívoro, para obtener el número de individuos que habitan en los diferentes uso de suelo de la Comunidad Dos Mangas

## 2.5. Análisis Estadístico

### 2.5.1. Test Kruskal-Wallis

Kruskal-Wallis o también conocido como test H, es una de las pruebas estadísticas no paramétricas utilizada para evaluar una o varias muestras extraídas de una misma población con la finalidad de determinar si existe diferencia significativa entre los grupos funcionales que habitan en la macrofauna edáfica en las áreas a estudiar de la Comuna Dos Mangas (Zhong *et al.*, 2013).

### 2.5.2. Spearman rho

Este coeficiente es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden, de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos. Existen dos métodos para calcular el coeficiente de correlación de los rangos. La fórmula que se utiliza es:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

en donde  $d_i = r_{xi} - r_{yi}$  es la diferencia entre los rangos de X e Y (Apaza, *et al.*, 2022).



## CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. Zonificación del uso de la tierra

#### 3.1.1. Caracterización de los usos de la tierras en los sistemas de Bosque seco tropical y cultivo de ciclo corto

El área de estudio se ejecutó en los sistemas de Bosque seco tropical y Cultivos de ciclo corto en la cual las especies del bosque son: cedro (*Cedrela odorata*), guayacán (*Tabebuia chrysantha*), tagua (*Phytelephas aequatorialis*), caña guadua (*Guadua angustifolia*), y paja toquilla (*Carludovica palmata*) y en los cultivos de ciclo corto están, ají (*Capsicum annum*), sandía (*Citrullus lanatus*), café (*Coffea arabica*) y frejol (*Phaseolus vulgaris* L.).

Los bosque seco tropical se caracterizan por presentar mayor diversidad de macrofauna edáfica debido a condiciones climáticas y abundancia de materia orgánica, como lo manifiesta Peña (2014) en ellos se encuentra la mayor cantidad de reservas de alimentos para los organismos lo cual son fácilmente alterables y difíciles de recuperar. En esta investigación el área bosque se obtuvo menor abundancia de individuos durante la recolección hecha en agosto del 2021 a términos de la época lluviosa. Las comunidades de la macrofauna varían en su composición, abundancia y diversidad en relación del estado de perturbación del suelo que se encuentre posiblemente causado por el uso que se le dé al suelo, tala de árboles o la deforestación (Cabrera, 2012).

En el sistema de Cultivo de ciclo corto suele diferenciarse por la poca abundancia de los grupos funcionales debido a que su vegetación es menos diversa que en bosque, sin embargo, el sistema de cultivo estudiado se dio en un área de humedad lo que favorece a la afluencia de estos individuos, en palabras de (Hernández-Chávez *et al* (2020) la riqueza de especies presente en el sistema se debe a la disponibilidad de nutrientes, condiciones de temperatura y humedad que benefician su desarrollo.

#### 3.1.2. Análisis y comparación de las propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos

Se realizó la comparación de las propiedades físico-químico en los dos sitios de muestreo mediante un análisis estadístico Kruskal-Wallis mediante la corroboración de posthoc Bonferroni y el análisis de Spearman rho para medir la relación que existe entre los dos sistemas de uso del suelo detallados a continuación (Tabla 2).

**Tabla 2** Estadística descriptivas de las propiedades físicas químicas de los suelos de los sistemas de Bstr (Bosque seco tropical) y CCC (Cultivo de ciclo corto), comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador

Uso	Variable	N	Media	Mediana	Ds	DIQ	Mínimo	Máximo	Q25,25%	Q75,75%
BSTr	pH	8	590,00	6	0,31	0,2	5,3	6,3	58,25	60,25
BSTr	P	8	4,687,500	45	246,370,076	210	9	88	367,5	577,5
BSTr	MO	8	322,50	2,65	12,657,578	18,25	1,8	5	24,25	42,5
BSTr	RCa_Mg	8	319,13	3,175	0,48	0,8025	2,59	3,78	28,15	36,175
BSTr	RMg_K	8	723,88	6,525	25,137,305	31,525	3,99	11,46	58,425	89,95
BSTr	RCaMg_K	8	2,956,250	29,38	80,666,558	120,28	18,75	41,84	229,55	349,825
BSTr	N_TOTAL	8	0,30	0,3	0,05	0,0075	0,21	0,4	0,2925	0,3
BSTr	Na	8	107,00	1,06	0,26	0,22	0,63	1,45	0,965	11,85
BSTr	K	8	211,38	2,045	0,64	0,7675	1,15	3,1	17,475	25,15
BSTr	Ca	8	2,096,375	21,63	32,885,904	14,575	13,74	25,28	207,3	221,875
BSTr	Mg	8	857,00	8,71	0,78	0,6075	7	9,59	83,6	89,675
BSTr	Suma	8	3,283,875	32,855	41,554,798	32,5	24	38	320	352,5
BSTr	CIC	8	3,685,750	37,43	56,424,051	65	26	44	340	405
BSTr	H	8	179,13	1,755	0,40	0,3925	1,1	2,41	16,525	20,45
BSTr	D	8	0,79	0,78	0,08	0,1075	0,67	0,9	0,7525	0,86
BSTr	S	8	775,00	8	31,959,796	17,5	3	14	65	82,5
BSTr	J	8	0,92	0,915	0,06	0,0825	0,84	1	0,8725	0,955
BSTr	Det	8	16,800,000	64	3,280,139,370	520	0	976	320	840
BSTr	Herb	8	2,000,000	24	141,824,842	200	0	32	120	320
BSTr	Dep	8	8,400,000	64	734,458,012	880	0	224	400	1,280,000
BSTr	Omn	8	3,000,000	8	479,523,573	320	0	128	0	320
CCC	pH	8	631,25	6,3	0,29	0,35	5,8	6,7	61,75	65,25
CCC	P	8	1,525,000	7,5	136,040,960	137,5	5	39	67,5	205

CCC	MO	8	355,00	2,9	14,570,028	19,75	2,1	6,2	25	44,75
CCC	RCa_Mg	8	241,88	2,345	0,56	0,4925	1,85	3,64	20,7	25,625
CCC	RMg_K	8	1,107,125	11,475	42,842,617	60,075	5,45	18,28	75,225	135,3
CCC	RCaMg_K	8	3,630,250	36,38	110,963,981	143,25	23,59	56,97	269,7	412,95
CCC	N_TOTAL	8	0,30	0,285	0,05	0,0375	0,24	0,39	0,27	0,3075
CCC	Na	8	210,25	2,095	0,70	0,6725	1,08	3,16	18,3	25,025
CCC	K	8	227,38	2,29	0,67	0,4975	1,03	3,13	20,5	25,475
CCC	Ca	8	2,227,000	22,355	40,777,164	45,75	14,88	27,29	206,075	251,825
CCC	Mg	8	1,306,125	14,265	39,340,762	71,475	8,44	18,11	87,55	159,025
CCC	Suma	8	3,975,000	40,5	78,876,033	117,5	27	49	340	457,5
CCC	CIC	8	4,550,000	47	94,264,067	150	30	56	390	540
CCC	H	8	136,25	1,34	0,51	0,3925	0,64	2,19	11,775	15,7
CCC	D	8	0,66	0,72	0,18	0,16	0,34	0,88	0,59	0,75
CCC	S	8	575,00	5,5	25,495,098	32,5	2	10	40	72,5
CCC	J	8	0,84	0,92	0,19	0,095	0,39	0,96	0,855	0,95
CCC	Det	8	16,800,000	64	3,280,139,370	520	0,0000	976	320	840
CCC	Herb	8	2,000,000	24	141,824,842	200	0	32	120	320
CCC	Dep	8	8,400,000	64	734,458,012	880	0	224	400	1,280,000
CCC	Omn	8	3,000,000	8	479,523,573	320	0	128	0	320

En la mediana del pH resultado de 6.0 en Bosque nos indica que es un suelo ligeramente ácido mientras que en cultivo es de 6.3 ligeramente ácido, si bien no existe diferencia la prueba de varianza Kruskal-Wallis reflejo una diferencia de ( 0.0174) manifestando un pH significativo en el sistema de cultivo. En una investigación similar de Machado *et al* (2021c) afirma que el pH influye en la actividad biológica y la salud del suelo, lo que puede conllevar a tener diversidad de macrofauna del suelo.

En cuanto al fósforo la mediana es bosque resultado de 45 y en cultivo un 7.5 lo que denota mayor diferencia entre ambos sistemas. En palabras de Corona (2019) El análisis de fósforo total nos indica la cantidad de fósforo que pueda aprovechar una planta en el período de crecimiento ya que este elemento es firmemente retenido por los suelos y depende de las propiedades de estos que del trabajo de las raíces sobre los componentes fosfóricos.

Los valores de sodio (Na) fueron relevantes en el sistema de cultivo con un p-valor de (0.046), como indica Briones (2024) puede afectar a la estructura del suelo dificultando la movilidad de los organismos, esto influye directamente en la abundancia y riqueza de la macrofauna.

La correlación entre calcio y magnesio fue mayor en bosque con un valor de p-valor (0.063), que es fundamental en la calidad del suelo y la diversidad de los individuos de la macrofauna. (Bautista *et al*, 2018). Como indica Ferro *et al* (2020) ambos nutrientes influyen en la estructura del suelo lo cual es un aporte esencial para la actividad biológica y diversidad de la macrofauna edáfica.

En el sistemas de cultivo de ciclo corto se destaca una distribución mayor en cuanto a la correlación de Mg/K con un p-valor de 0.0460 debido a las prácticas de fertilización que se realizan en los cultivos ya que son elementos fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas, por lo que se debe de tener en cuenta que puede influir la formación y estructura del suelo (Castillo-Trejo *et al.*, 2023).

En cuanto a la materia orgánica da a conocer el estado y la fertilidad en el que se encuentra el suelo, los resultados en bosque son de 2,6 y en cultivo de ciclo corto es de 2.9, esto nos indica que en el área de cultivo existe mayor acumulación de residuos lo que favorece a el aumento de la macrofauna (Julca *et al.*, 2006). Aunque en palabras de Saavedra-

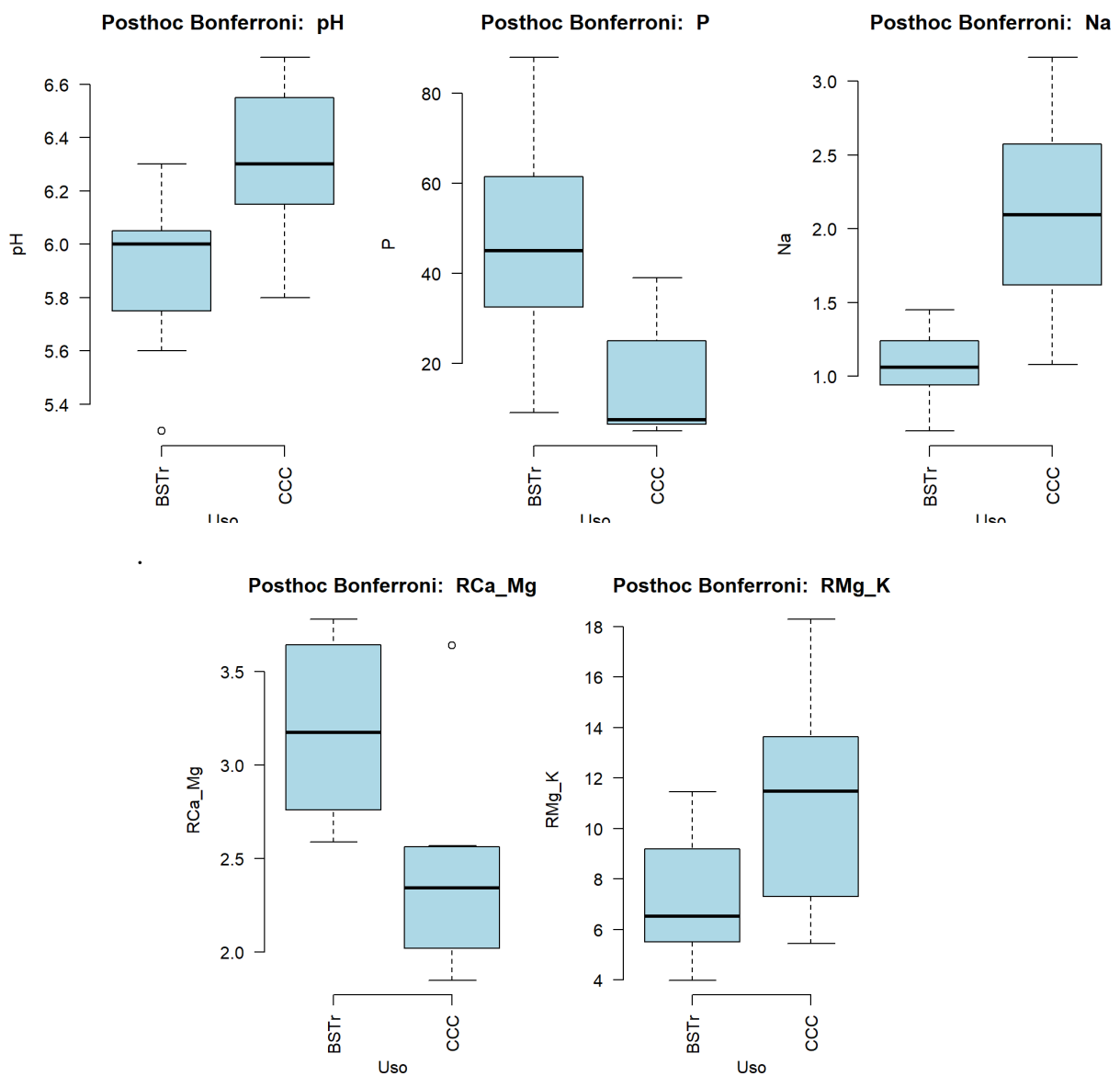
Romero *et al* (2020) 5.4% de MO en suelo se considera excelente, 2.3% es bajo, mientras que suelos con menos de 1%, se clasifican con baja fertilidad.

La correlación entre estas dos las variables edáficas el pH y la Mo obtuvieron una correlación alta mediante el análisis de Spearman (0.58) por lo que Pérez *et al* (2022) indica que la MO y el pH son indicadores de la fertilidad y salud del suelo, por lo que es necesario conocer estas propiedades en los suelos agrícolas, ya que los niveles de fertilidad del suelo están relacionados con la materia orgánica y que este a su vez depende del manejo de los suelos.

Mientras en el analisis de Sperman la correlación entre fósforo y calcio/magnesio resultó alta (0.69), en palabras de Bautista *et al* (2018) Los nutrientes Ca, Mg y P, que se encuentran con menor nivel de acidez (pH) se relacionan con la alta presencia de los coleópteros, sin embargo en este estudio no fue así ya que el pH obtuvo una correlación de (0.58) lo que indica una correlación estable del pH y mayor cantidad de isópteros (termitas y hormigas) en ambos sistemas.

En estudios realizados por Noguera *et al* (2017) determinaron que especies de la familia Formicidae al transportar restos vegetales y animales hacia el interior del suelo concentran en sus nidos altos niveles de fósforo lo que permite explicar la asociación entre este elemento y la densidad de hormigas cuantificadas en el sistema de Bosque seco tropical.

La correlación entre el fósforo y calcio/magnesio resulto alta (0.69), en palabras de Bautista *et al* (2018) Los nutrientes Ca, Mg y P, que se encuentran con menor nivel de acidez (pH) se relacionan con la alta presencia de los coleópteros, sin embargo en este estudio no fue así ya que el pH obtuvo una correlación de (0.58) lo que indica una correlación estable del pH y bajo números de individuos de coleópteros.



**Figura 1.** Comparación de los elementos físicos químicos, pH y Fosforo, Sodio, RCa/Mg y RMg/K en ambos sistemas de uso Bosque seco tropical regenerado (Bstr) y Cultivo de ciclo corto (CCC) mediante el estadístico Kruskal-Wallis, representados en gráficos de Box plot.

En cuanto a la comparación de ambos sistemas de uso del suelo presentan características con diferencias en algunos elementos, lo cual puede ser favorable para saber en qué estado se encuentra la salud del suelo, el sistema de cultivos de ciclo corto muestra ventajas en cuanto al pH y capacidad de intercambio catiónico, sin embargo, la diferencia a niveles de fósforo señala que en el área de cultivo puede mejorar en el manejo de suelo para así optimizar la disponibilidad de este nutriente esencial.

### 3.2. Composición, dominancia y diversidad de la macrofauna edáfica en los dos sistemas de recolección

El número total de individuos recolectados fue de 2128 organismo en Bosque seco tropical distribuidos con un total de 38 familias, en el sistema de Cultivo de ciclo corto 2416 con un total de 30 familias (**Tabla 2**), siendo la familias más predominantes en bosque: *Formicidae* (368 ind/m<sup>2</sup>), *Staphylinidae* (248 ind/m<sup>2</sup>) y *Porcellionidae* (224 ind/m<sup>2</sup>), en cultivo: *Termitidae* (976 ind/m<sup>2</sup>), *Formicidae* (256 ind/m<sup>2</sup>) y *Geophilidae* (240 ind/m<sup>2</sup>). Lo cual indica que la mayor cantidad de la macrofauna edáfica se encuentra en el área de cultivos de ciclo corto .

Cabe recalcar la presencia de la Familia *Formicidae* en ambos ecosistemas lo cual indica su adaptabilidad en diversas áreas. Como lo afirma Noguera *et al* (2017) *Formicidae* presenta alta adaptación a variedad de ambientes, lo que favorece a altos índice de reproducción, son formadores de colonias, depredadores y transformadores de la estructura del suelo, por lo que están presentes en diferentes profundidades del perfil del suelo.

Un estudio similar realizado por (Cabrera and López , 2018) en la comparación de dos sitios donde manifiesta que En Vallecito hubo un predominio de las familias de insectos sociales de termitas (*Termitidae*) y hormigas (*Formicidae*) con relación a las demás familias de la macrofauna. Asimismo, se observaron en esta área como grupos menos abundantes, principalmente a hemípteros (*Cydnidae*) y arañas (*Clubionidae*, *Ochyroceratidae*, *Oonopidae*, *Theridiidae*). En Helechal, prevaleció la familia de la lombriz de tierra *Glossoscolecidae*, seguida de formícidos, pero no se detectaron termitas. En este mismo sitio, los táxones de más baja abundancia estuvieron representados por caracoles (*Oleacinidae* y *Urocoptidae*) y escarabajos (*Scarabaeidae* y *Elateridae*). Las curvas de rango/abundancia evidenciaron, una mayor equitatividad de las comunidades de la macrofauna en Helechal y un menor número de familias; mientras que en Vallecito hubo mayor riqueza, pero la abundancia se concentró en dos grupos, que acumularon 41 % de los individuos frente a 29 % en Helechal.

**Tabla 3.** Clasificación taxonómica por familias y grupo funcional de la macrofauna edáfica en dos sistemas de uso de tierra recolectada en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador.

Nombre Común	Familia	Grupo Funcional	Sistema de uso de la Tierra	
			BSTr	CCC

Arañas	Aradidae	Herbívoros	X	
	Gnaphosidae	Depredadores	X	X
	Theridiidae	Depredadores	X	
	Anyphaenidae	Depredadores	X	
	Oonopidae	Depredadores	X	
	Opiliones	Depredadores		X
	Clubionidae	Depredadores	X	
	Theraphosidae	Depredadores	X	
	Lycosidae	Depredadores	X	X
	Corinnidae	Depredadores	X	X
	Araneae indeterminada	Depredadores	X	
Araneidae	Depredadores	X	X	
Hormigas	Formicidae (Ectatomminae)	Depredadores	X	X
	Formicidae (Formicinae)	Omnívoros	X	X
	Formicidae (Myrmicinae)	Omnívoros	X	X
	Formicidae (Pseudomyrmicinae)	Omnívoros	X	
	Formicidae indeterminada	Omnívoros	X	X
Escarabajos	Scarabaeidae ad	Herbívoros	X	X
	Scarabaeidae lv	Herbívoros	X	X
	Staphylinidae (Paederinae)	Depredadores	X	X
	Staphylinidae (Scydmaeninae)	Depredadores	X	X
	Staphylinidae (Staphylininae)	Depredadores	X	X
	Tenebrionidae	Detritívoros	X	
	Staphylinidae (Steninae)	Depredadores	X	
	Staphylinidae (Tachyporinae)	Detritívoros	X	X
	Elateridae lv	Depredadores	X	X
	Carabidae lv	Depredadores		X
	Coleoptera Indeterminada	Herbívoros		X
Carabidae ad	Depredadores		X	
Staphylinidae lv	Depredadores		X	
Termitas	Termitidae	Detritívoros	X	
Lombriz de tierra	Glossoscolecidae	Detritívoros	X	X
	Haplotaxida indeterminada	Detritívoros		X
Caracoles	Subulinidae	Detritívoros	X	X
Cochinillas	Armadillidae	Detritívoros	X	
	Platyarthridae	Detritívoros	X	
	Porcellionidae	Detritívoros	X	X
Milpiés	Spirobolellidae	Detritívoros	X	
	Polyxenida indeterminada	Detritívoros	X	
	Paradoxosomatidae	Detritívoros		X
Tijeretas	Carcinophoridae	Detritívoros	X	X
Cucarachas	Blaberidae	Detritívoros	X	X
	Blattaria indeterminada	Detritívoros	X	X



Ciempiés	Scolopendromorpha indeterminada	Depredadores		X
	Himantariidae	Depredadores		X
	Ballophilidae	Depredadores	X	
	Geophilidae	Depredadores	X	X
	Lithobiidae	Depredadores	X	X
Mosca	Asilidae	Depredadores		X
	Therevidae	Depredadores	X	
	Diptera indeterminada	Depredadores		X
Chinches	Cydnidae	Herbívoros	X	
	Hemíptera Indeterminada	Herbívoros	X	
	Lygaeoidea Indeterminada	Herbívoros	X	
	Rhyparochromidae	Herbívoros	X	X
Picudo	Curculionidae lv	Herbívoros	X	

Elaborado por: Rosa Pozo

De acuerdo con el resultado de la curva Rango de Abundancia (**Figura 2**), reafirman que las familias en bosque *Formicidae* con una proporción de (17.3), Staphylinidae (11.3) y en cultivo las *Termitidae* con (40.4), *Formicidae* (10.6), son dominantes, lo que respaldan su papel como indicadores biológicos, según la literatura científica son considerados importantes elementos primordiales de la fauna edáfica ya que al ser indicadores biológicos ayudan en las funciones del agroecosistema debido a su alta capacidad adaptiva lo que explica su abundancia en diversos hábitats (Noguera *et al*, 2017).

En las palabras de Sinisterra *et al.* (2015) Las hormigas constituyen uno de los elementos faunísticos más notorios y abundantes dentro de los agroecosistemas tropicales. Esto estimulan la presencia de especies benéficas de control biológico lo cual favorece el control de plagas (Lara *et al.*, 2015). En cuanto a las termitas se destacan por tener gran interés para la biología del suelo debido a que presentar diversas formas de organización social y en apariencia lo cual las diferencian en su tipo de alimentación y la construcción de madrigueras, estos organismos fijan grandes cantidades de nitrógeno atmosférico y presentan simbiontes intestinales lo que constituye a la creación primordial de reservorios de nutrientes para el ecosistema.(Cabrera and Crespo, 2015).

En un estudio realizado en Colombia demostró que la cobertura vegetal y las hojarascas influyeron en las condiciones ambientales en el favorecimiento de riqueza y diversidad de hormigas en mayor cantidad en el área de Bosque (Marquez *et al.*, 2023). Similar resultado fue descrito por Gallego and Salguero (2015) en una investigación en la riqueza de fragmentación de bosque en la que se demostró la abundancia de estos

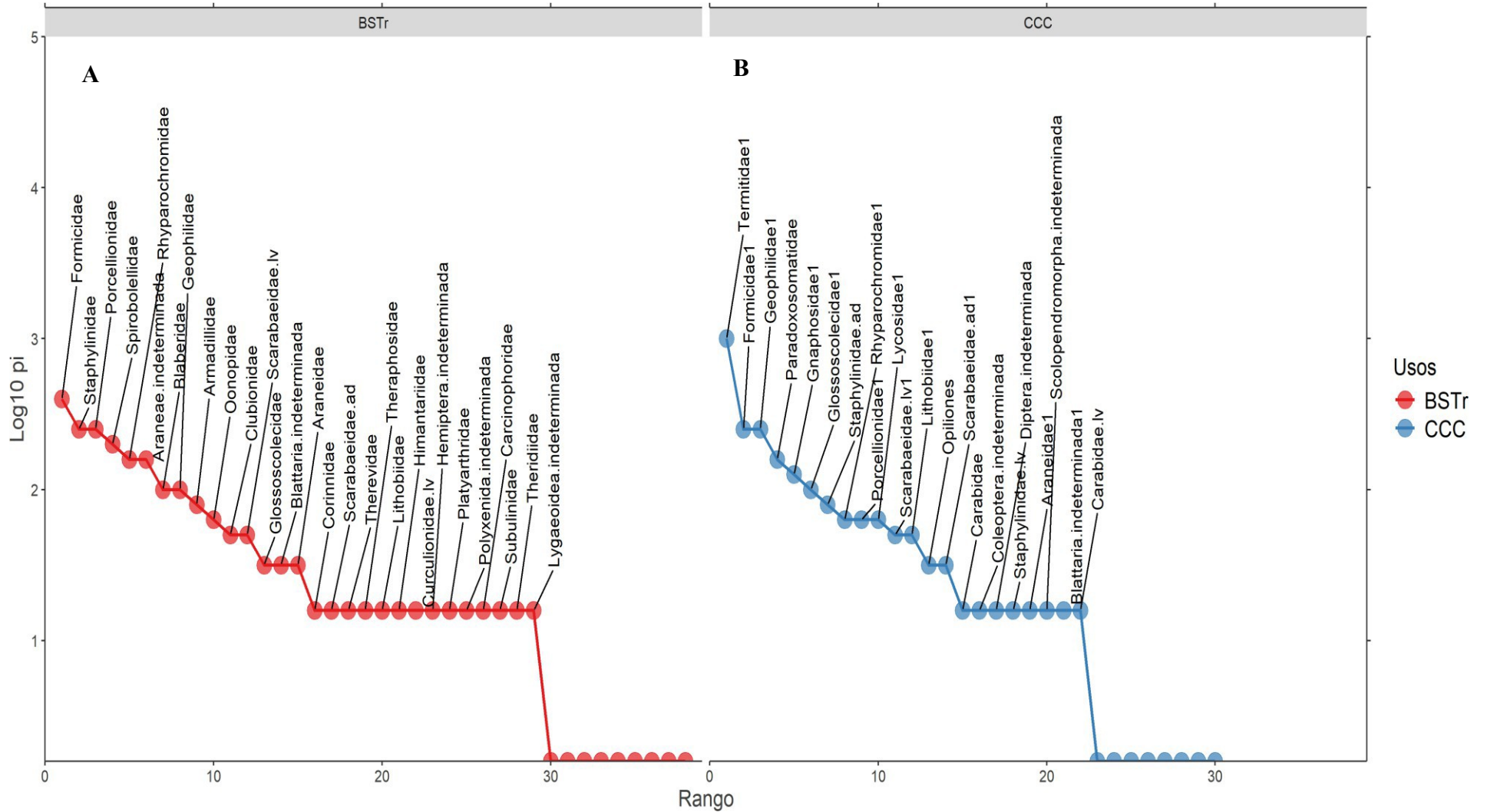
organismos, lo cual se debe a la gran diversidad de especies de plantas que existen en el lugar lo que demuestra que los bosques más ricos en estas especies preservan una mayor diversidad regional.

El mayor número de individuos fue encontrado en el área del Cultivo de ciclo corto, con un alto índice marcado de termitas respecto a las hormigas, como lo manifiesta Beltrán and Pinzón (2018) en épocas húmedas se registra mayor abundancia de termitas. El clima cálido y húmedo de la región favorece al desarrollo y reproducción de estos organismo por lo que la humedad y la temperatura benefician a la desintegración de la materia orgánica que es una fuente alimenticia que suministra los nutrientes necesarios para estos individuos. En estudios realizado por Lang *et al* (2011) mostraron que las termitas se asocian con el ciclo del carbono y con el nivel de la fertilidad del suelo.

En base a Ayuke (2010) manifiesta que las condiciones climáticas y la textura del suelo influyen en las actividades de las organismos pertenecientes a la macrofauna del suelo como por ejemplo las lombrices y las termitas, lo que puede causar efectos negativos influyendo en la materia orgánica, la agregación, la porosidad y la disponibilidad de nutrientes del suelo. Por lo que las termitas al tener un alto índice de abundancia en zonas de cultivos, su abundancia puede relacionarse con condiciones de temperatura, humedad, cantidad de materia orgánica disponible en el suelo por lo que puede manifestar una posible degradación del hábitat.

Por el contrario, en el área de Bosque Seco Tropical presentó una mayor diversidad de organismo que lo corrobora los índice de biodiversidad (**Figura 6**), es decir mayor grupo de familias en comparación al sistema de cultivos de ciclo corto y menor abundancia de organismo lo que se puede atribuir a varios factores como puede ser áreas con pendientes lo que genera la erosión del suelo que afecta negativamente la abundancia de la macrofauna.

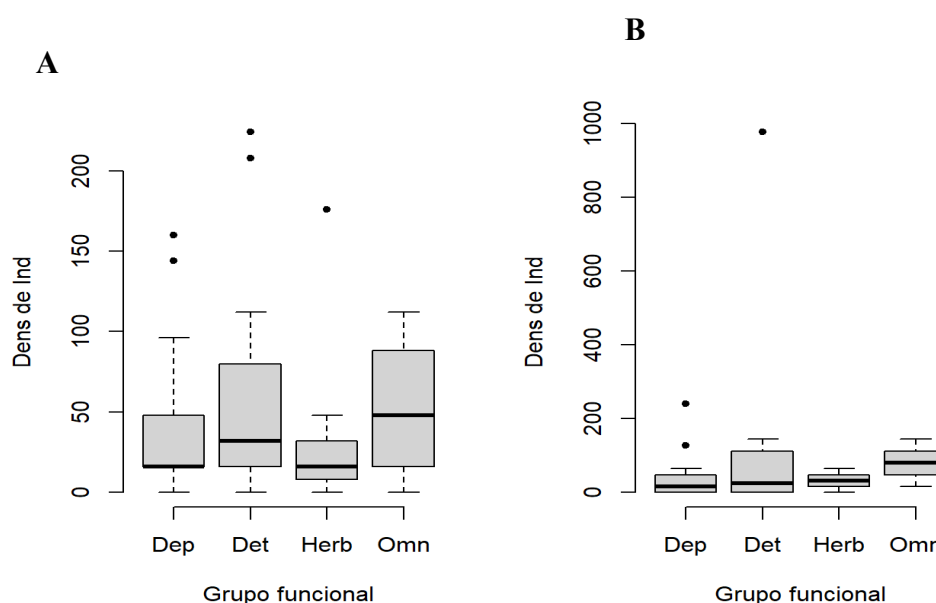
En cuanto a la presencia de las hormigas como lo indica (Chávez *et al.*, 2021) son omnívoras, son resistentes a la perdida de la cobertura vegetal, se adaptan a suelos compactados y ambientes expuestos a las altas temperaturas.



**Figura 2.** Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica recolectada en la Comuna Dos Mangas Provincia Santa Elena, en dos usos de sistemas de tierra (A) Bosque seco tropical; (B) Cultivo de ciclo corto.

### 3.4. Densidad de la macrofauna de los grupos funcionales

La mayor abundancia de los grupos representados en ambos ecosistemas son los detritívoros y omnívoros a diferencia de los depredadores y herbívoros que manifiestan poca representación (**Figura 3**). Esto sugiere a que existe disponibilidad de alimentos para estos organismo, sin embargo, existe diferencia en la densidad de cada uno de los grupos funcionales en ambos sistemas de uso de la tierra, lo que indica que las condiciones ambientales y las interacciones entre las especies influyen en la abundancia de los organismos y varíen tanto como en bosque y cultivo.



**Figura 3** Diagrama de caja (Box Plot) de la densidad de los grupos funcionales Dep:Depredadores, Det:Detritívoros, Herb:Herbívoros, Omn:Omnívoros estudiados en dos sistemas de uso de tierra en la Comuna Dos Mangas; (A) Bosque seco tropical, (B) Cultivo de ciclo corto.

En el área Bosque seco Tropical predominan los Omnívoros en la que encontramos a la familia *Formicidae Indeterminada* (hormigas), seguido de los detritívoros la cual indica un número fuera del rango, en la cual encontramos a *Porcellionidae* (cochinilla de humedad) y *Spirobolellidae* (milpiés), depredadores encontramos a *Formicidae Ectatomminae* (hormigas) y *aranidae* (arañas), entre los herbívoros están los *Rhyparochromidae* (chinchas de semilla). Con respecto a Cultivo en el grupo de los detritívoros encontramos a *Termitidae* (termitas), en los depredadores se encuentran los *Geophilidae* (ciempiés) y *Gnaphosidae* (arañas de tierra), en los herbívoros encontramos a los chinchas de semilla y en el caso de los omnívoros los *Formicidae (Myrmicinae)*.

Como señala Cabrera y López (2018) los detritívoros se alimentan de residuos, su abundancia y diversidad está determinada por la riqueza de especies arbóreas, altas reservas y calidad de materia orgánica presentes en el lugar. También manifiesta que en áreas de bosques tropicales durante las épocas lluviosas existe mayor abundancia de descomponedores e ingenieros del suelo y menor para los grupos de depredadores y herbívoros, esto lo atribuyen a la presencia de diversidad de plantas y la capa de hojarasca que benefician con la mejora del hábitat.

En cuanto a la menor cantidad de los grupos funcionales en el área de cultivo de ciclo corto influye a las condiciones y la salud del suelo, en ocasiones esto se da por actividades agrícolas como las labranza intensiva, uso de químicos, etc. En palabras de (Cabrera y Robaina, 2011) en la superficie del suelo los detritívoros se encuentran desprotegidos por la poca cobertura de las hojarasca lo que reduce la abundancia de estos individuos, esto se debe a las variaciones de temperaturas y humedad que presenta el medio ambiente.

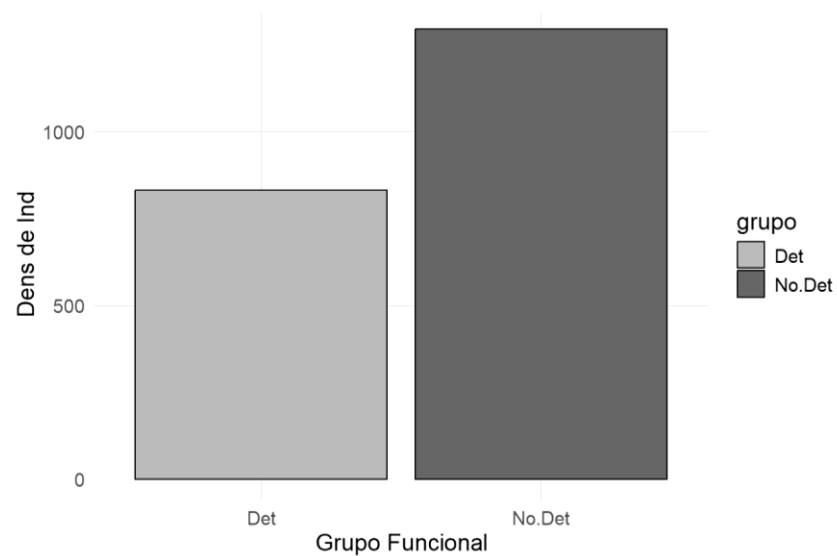
Diversos estudios realizados en bosques del Chaco occidental realizados por Montero *et al.*, (2011) destacan la importancia de los insectos que alcanzan el 70% de la abundancia total de artrópodos en bosques; destacándose en riqueza y abundancia de especies. Si bien la tasa de descomposición de la hojarasca tiende a ser más alta en los bosques húmedos respecto a los bosques secos este efecto no se debería a la mayor acción individual de los artrópodos detritívoros sino a la combinación de diversos agentes descomponedores tales como hongos, bacterias y protista.

En el caso del sistema de cultivo los detritívoros Cabrera (2012) afirma que las termitas adquieren importancia en zonas de cultivos, donde su invasión y agresividad han estado relacionadas con condiciones adversas de temperatura y humedad, así como con el contenido y la calidad del material orgánico en el suelo, razón por la cual en esta investigación se obtienen un mayor número de abundancia en el sistema de cultivo de ciclo corto.

### **3.5. Indicador biológico Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica**

El número de grupos funcionales que se encuentra en cada sistema se relaciona con la composición del ecosistema, es decir, el contenido de materia orgánica, relación carbono/nitrógeno, lo que permite demostrar la presencia de estos grupos en la acumulación y transformación de la biomasa (Noguera *et al.*, 2017).

El indicador biológico en el área de bosque dio como resultado la mayor presencia de organismo no detritívoros (**Figura 4**), lo que denota un comportamiento inusual en el ecosistema que pudo influir las actividades de la tala y extracción de madera que se realizaban antes de la investigación, ya que lo grupos más dominantes en los bosque son los detritívoros, como lo menciona (Cabrera, 2019) los macroinvertebrados detritívoros reflejan una dominancia en los sistemas trópicos, en dependencia del manejo y utilización del suelo.



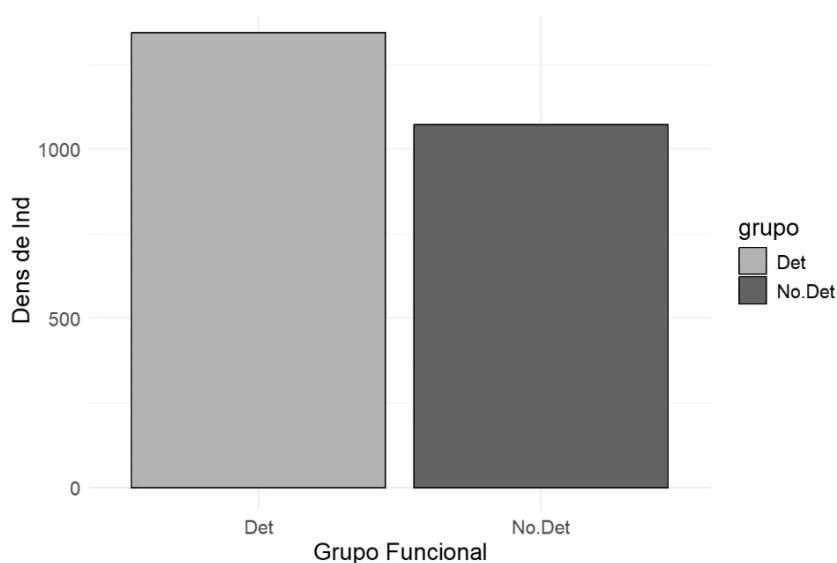
**Figura 4** Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el area de Bosque seco tropical estudiado en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena Ecuador, las barras representan la diferencia de abundancia que existe entre los grupos funcionales que integran el mismo.

Como lo menciona Cabrera *et al* (2017) los indicadores de la macrofauna plantea que cuando hay abundancia organismos detritívoros y una menor representación de no detritívoros los sistemas manifiestan poca o ninguna alteración en el ambiente, por lo contrario cuando existe predominio de los grupos no detritívoros indican sistemas o practicas con impactos negativos sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo que resulta desfavorable para el ecosistema.

En una investigación realizada por Masin *et al* (2017) corrobora que la poca abundancia de detritívoros tanto en Pastizal como en Plantación se deba a transformaciones en las condiciones ambientales de sus suelos, debidas a actividades de laboreo asociadas a la plantación o extracción de especies de árboles, por lo que estas prácticas de manejo afectan

negativamente a la diversidad y densidad de los principales grupos de descomponedores de la materia orgánica como de otras comunidades de la macrofauna del suelo, ya que ocasionan variaciones bruscas en condiciones de temperatura y humedad del suelo, cobertura y calidad de la hojarasca, cantidad de residuos, y destrucción mecánica de los microhábitats.

En el area de Cultivos de Ciclo Corto se observó abundancia de organismos detritívoros (**Figura 5**) la cual puede generarse a diversos factores entre ellos está la abundancia de materia orgánica en descomposición, debido a que los cultivos producen residuos como las hojarascas y raíces lo que beneficia como una fuente de alimentos para estos grupos de individuos, además de tener un clima tropical estimula el desarrollo de una gran variedad de poblaciones de detritívoros. En palabras de Noguera *et al.*( 2017) El efecto de una alta presencia de detritívoros está vinculado con su alimentación ya que cumplen con funciones en el agro sistema como el incremento de la eficiencia de la movilidad y adquisición de los nutrientes de la planta, lo que influye indirectamente en la presencia de plagas en los cultivos, condición que no es favorables desde el punto de vista de productividad de los cultivos.

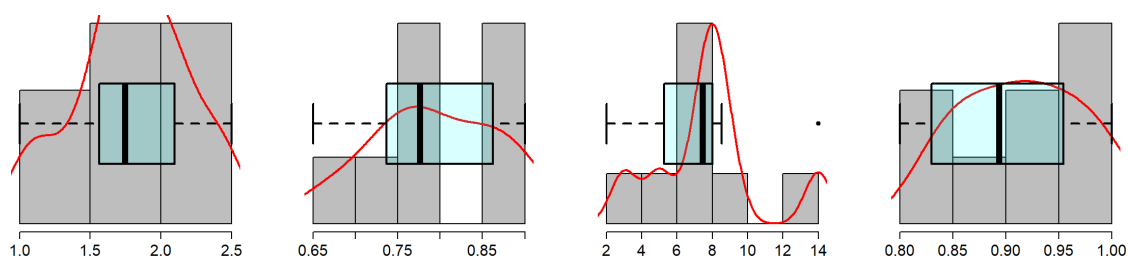


**Figura 5.** Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el area de Cultivo de ciclo corto estudiado en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena Ecuador, las barras representan la diferencia de abundancia que existe entre los grupos funcionales que integran el mismo

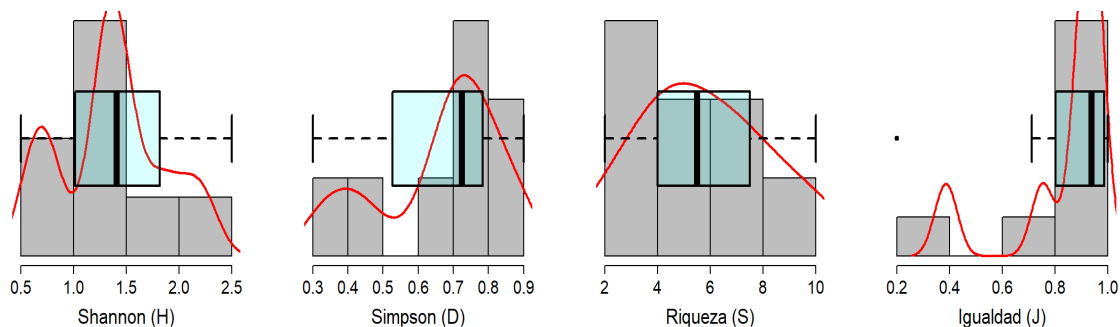
### 3.6. Estadística no paramétrica de los índice de biodiversidad de la macrofauna edáfica

Para determinar el grado de asociación de los grupos estudiados en los dos sistemas de uso de la tierra se llevó a cabo mediante la relación de rangos usando el analisis de correlación Speraman rho, en la cual se representaron la frecuencia de los índices. Al comparar los cuatros índices en el sistema de bosque seco tropical, se puede observar diferencias significativas en sus distribuciones puesto que la diversidad de Shannon (H) muestra una curva simétrica con una mediana alrededor de 1.75, en el índice de Simpon(D) la distribución es más asimétrica con una mediana de 0.78, en cuanto a la riqueza(S) encontramos una mediana con valor de 8 y un valor alto de 14 lo que indica que su máximo valor afectan a su distribución y en el índice de igualdad(J) la curva es más equilibrada y centrada con una mediana de 0.91 (**Figura 6**).

A



B



**Figura 6.** Comparación de los Índices de biodiversidad Shannon (H), Simpson (D), Riqueza (S), Igualdad (J), en el sistema de Bosque seco tropical(A) y Cultivo de ciclo corto (B), mediante diagramas de caja que muestra el 50% de datos y bigotes que extiende los valores mínimo y máximo acompañados de un histograma que muestra la frecuencia de datos en diferentes intervalos y curva de densidad.

Respecto al sistema de Cultivo de ciclo corto se observó diferenciación en cuanto a la forma y la dispersión de las distribuciones, el índice de Shannon (H) resulto con una mediana de 1.34, el índice de Simpon (D) su distribución se acercó ligeramente asimétrica



hacia la parte izquierda con una mediana de 0.71, el índice de riqueza (S) con una mediana de 5.5 con un valor máximo de 10 y el índice de igualdad (J) con una mediana cercana a 0.92 lo que indica que podría tener una distribución más uniforme (**Figura 6**).

Al comparar los índice de biodiversidad en ambos sistemas (**Figura 6**), muestran que el índice de Shannon es mayor en cuanto a la diversidad y dispersión de los individuos en el Bosque, en el índice de Simpon la mediana es casi similar en ambos grupos, en cuanto a la dispersión indica mayor diversidad en el area de cultivo de ciclo corto, respecto al índice de riqueza el promedio más alto y la variabilidad en el número de especies es superior en el sistema de bosque, referente al índice de igualdad la mediana es similar en ambos grupos lo que corresponde una cantidad equitativa de individuos en ambos grupos con relación a la dispersión de observa que el rango intercuartílico es ligeramente mayor en el área de Cultivo.

En cuanto a un estudio realizado por Salmerón *et al* ( 2017) indica que el cálculo del índice en bosque semideciduo muestran que los estados poco perturbados y medianamente perturbados tienen mayor diversidad funcional que los muy perturbados y por lo tanto poseen mayor resiliencia frente a las posibles perturbaciones. En palabras de De la Rosa and Negrete (2012), cuando se presenta una perturbación a la estructura vegetal, se reduce la diversidad arbórea, la hojarasca se homogeniza, lo que genera una disminución en la diversidad y abundancia de la macrofauna, sim embargo esto no reduce la diversidad y riqueza de los individuos ya que la mayoría de los mismo se encuentran en la superficie del suelo.

### 3.7. Correlación del análisis del suelo de los índice de biodiversidad y las variables edáficas

El análisis de correlación determina si existe relación estadísticamente significativa entre las variables de los índices de biodiversidad y las variables edáficas con el objetivo de determinar la abundancia y composición de los organismos.

**Tabla 4.** Explicación de los valores de la fuerza de correlación según el valor de Rho(±) .

Valor Rho (±)	Fuerza de la correlación
0.0 < 0.1	no hay correlación
0.1 < 0.3	poca correlación
0.3 < 0.5	correlación media

0.5 < 0.7	correlación alta
0.7 < 1	correlación muy alta

La correlación entre el nitrógeno total y los detritívoros (0.55) indica una relación positiva, la cual está ligada a varios factores como la disponibilidad de alimentos lo que podría aumentar la población de los individuos, las condiciones climáticas como la temperatura y la precipitación que influyen en la disponibilidad del nitrógeno que ayuda a mantener el equilibrio del ecosistema (Oleiro, 2015). Como indica Ferro *et al* (2020) ambos nutrientes influyen en la estructura del suelo lo cual es una contribución para la actividad biológica y diversidad de la macrofauna edáfica.

La correlación entre el magnesio y el grupo de los herbívoros (0.54) nos indica una correlación positiva, por lo que este elemento a medida que aumenta favorece el crecimiento de la biomasa de los herbívoros. Esta relación se establece mediante la cadena trófica, mientras se mantengan en el rango el suelo se encontrará nutritiva y rica en vegetación para estos organismos. En palabras de Montenegro *et al* (2017), los índices de biodiversidad se relacionan con la materia orgánica que están disponible en el suelo lo incide en la diversidad de la macrofauna, pero también de las variables de suelo estudiadas se define que el pH fue determinante en la diversidad de poblaciones.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La mayor, abundancia y diversidad de la macrofauna edáfica se encontró en el sistema de Bosque Seco Tropical regenerado que se realizó a finales de la época lluviosa esto se debe al tipo de clima que presenta la Comuna por lo que el suelo se encuentra más húmedo lo que incluye disponibilidad de recursos alimenticios que favorece a condiciones beneficiosas para el hábitat de estos organismos. Los índices detritívoros/no detritívoros demostraron que en el área de bosque se encuentra con grados perturbación ya que los grupos funcionales se encuentra representados por el grupo No detritívoros debido a prácticas y manejos que afectan a la abundancia de organismos.
- La abundancia de la familia *Formicidae* en el sistema de bosque se debe a varios factores ambientales lo que influye al aumento de esta especie y su distribución por todo el área de bosque ya que se adapta a cualquier tipo de ambiente.
- La correlación entre los índices de biodiversidad y las variables edáficas muestran la riqueza y diversidad de los diferentes grupos funcionales de acuerdo con el análisis del suelo, esto nos ayuda a saber la intensidad y la perturbación en la que se encuentra cada sistema de uso considerando la cantidad y calidad de recursos que posee, en cuanto al sistema de cultivo el pH determinó la abundancia de los individuos y en el sistemas bosque la materia orgánica influyó en la diversidad y riqueza de las familias.

### Recomendaciones

- Realizar estudios constantes de la Macrofauna edáfica ya sea en sistemas de Cultivo de ciclo corto o Bosque para poder garantizar la salud del ecosistema y poder conservar la biodiversidad de este. Estos estudios nos revelan que tan deteriorados están los ecosistema para poder tomar decisiones acertadas para promover la rehabilitación de hábitats degradados.
- Crear bases de datos con acceso libre a estudiantes y profesores con el fin de ayudarlos con sus proyectos e investigaciones futuras en base a materias relacionadas con este proyecto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abadía L., J.C., Arcila, Á.M. and Chacón, P. (2013) 'Incidencia y distribución de termitas (Isoptera) en cultivos de cítricos de la costa Caribe de Colombia', *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), pp. 1–8.
- Almada, M.S. *et al.* (2017) 'Diversidad de arañas del suelo y su relación con ambientes heterogéneos del Parque General San Martín, Entre Ríos, Argentina', *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(3), pp. 654–663. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.06.011>.
- Apaza Zúñiga, E. *et al.* (2022) 'La Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas', *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(3). Available at: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i3.22908>.
- Arenas-Clavijo, A. *et al.* (2018) 'Gremios y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) en tres usos del suelo de un paisaje cafetero del Cauca-Colombia', *Revista de Biología Tropical*, 66(1), pp. 48–57. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.30269>.
- Arias, N.M.M. *et al.* (2018) 'El suelo y su multifuncionalidad: ¿qué ocurre ahí abajo?', *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 25(3). Available at: <https://www.redalyc.org/journal/104/10455646009/html/>.
- Arias-Álvarez, G.A. *et al.* (2022) 'Efecto de la cobertura vegetal en escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) y sus funciones ecológicas en un bosque andino de Colombia', *Revista de Biología Tropical*, 70(1). Available at: <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v70i1.47849>.
- Ayuke, F.O. (2010) *Soil macrofauna functional groups and their effects on soil structure, as related to agricultural management practices across agroecological zones of Sub-Saharan Africa*. Wageningen University. Available at: <https://edepot.wur.nl/138072>.
- Banda, J.D.P. *et al.* (2021) 'Índices de calidad, estructura comunitaria y diversidad funcional: ¿Cuál aproximación permite una mejor caracterización de la calidad ambiental en ríos de la serranía suroccidental? Un análisis con datos de macroinvertebrados bentónicos en ríos de Moquegua', *Ciencia & Desarrollo*, 20(1), pp. 41–56. Available at: <https://doi.org/10.33326/26176033.2021.1.1107>.
- Bautista, E.H.D., Suárez, L.R. and Salazar, J.C.S. (2018) 'Relación entre macroinvertebrados y propiedades del suelo bajo diferentes arreglos agroforestales en la Amazonia-Andina, Caquetá, Colombia', *Acta Agronómica*, 67(3), pp. 395–401.
- Benavent Albarracín, L. (2023) *Mecanismos de resistencia a piretroides en ácaros depredadores*. <http://purl.org/dc/dcmitype/Text>. Universitat de València. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=321781> (Accessed: 24 August 2024).
- Briones Barzola, Y.P. (2024) *Evaluación agronomica en el cultivo de arroz (oryza sativa l.) Variedad feron, de dos fuentes hidricas para riego, Canton Yaguachi 2024*.

- bachelorThesis. Available at:  
<https://repositorio.ecotec.edu.ec/handle/123456789/1134> (Accessed: 27 November 2024).
- Brown, G.G. *et al.* (2015) ‘Biodiversidade da fauna do solo e sua contribuição para os serviços ambientais.’ Available at:  
<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1024236> (Accessed: 27 September 2018).
- Cabrera Dávila, G. (2019) ‘Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba’. Available at:  
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/88889> (Accessed: 5 November 2024).
- Cabrera Dávila, G. de la C. and López Iborra, G.M. (2018) ‘Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba’, *Bosque (Valdivia)*, 39(3), pp. 363–373. Available at:  
<https://doi.org/10.4067/S0717-92002018000300363>.
- Cabrera, G. (2012a) ‘La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba’, 35(4).
- Cabrera, G. (2012b) ‘La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 35(4), pp. 346–363.
- Cabrera, G. and Crespo, G. (2015) ‘Influencia de la biota edáfica en la fertilidad de los suelos en ecosistemas de pastizales’, 35(1), pp. 3–9.
- Cabrera, G., Robaina, N. and Ponce de León, D. (2011) ‘Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 34(3), pp. 331–346.
- Cabrera-Dávila, G. (2014) ‘Manual Práctico Sobre la Macrofauna del Suelo.pdf’. Available at:  
[https://ruffordorg.s3.amazonaws.com/media/project\\_reports/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf?utm\\_source=textcortex&utm\\_medium=zenochat](https://ruffordorg.s3.amazonaws.com/media/project_reports/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf?utm_source=textcortex&utm_medium=zenochat).
- Cabrera-Dávila, G. de la C. *et al.* (2017) ‘Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra, en Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 40(2), pp. 118–126.
- Caicedo-Rosero, D. *et al.* (2021) ‘Análisis de las poblaciones edáficas en suelos con sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera, en la finca San Vicente, El Carmelo, Ecuador’, *Revista Criterios*, 28(2), pp. 185–194. Available at:  
<https://doi.org/10.31948/rev.criterios/28.2-art12>.
- Castillo-Trejo, E.Y. *et al.* (2023) ‘Macrofauna edáfica y calidad del suelo en agroecosistemas agrícolas y pecuarios de Campeche’, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(3), pp. 413–424. Available at:  
<https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3108>.

- Castro López, J. (2017) ‘PAPEL DE LA FAUNA EDÁFICA EN EL FUNCIONAMIENTO DE LOS ECOSISTEMAS AGRÍCOLAS’. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=155926>.
- Chávez-Suárez, L. *et al.* (2021) ‘Composición funcional de la macrofauna edáfica en cinco agroecosistemas de pastizales en la provincia Granma, Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 44. Available at: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-03942021000100024&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-03942021000100024&lng=es&nrm=iso&tlng=es) (Accessed: 30 October 2024).
- Cordova, J. (2019) *CARACTERIZACIÓN DE INSECTOS HEMIMETÁBOLOS DEL ORDEN HEMIPTERA COMO GRUPO BIOINDICADOR EN UN PROCESO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA CON ENMIENDAS DE BIOCHAR EN EL CIPCA. UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA*. Available at: <https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/499/T.AMB.B.UE.A.3185?sequence=1&isAllowed=y>.
- Corona Rodríguez, A. (2019) ‘Propiedades químicas de los suelos en el bosque semideciduo mesófilo de la Estación Experimental Agroforestal de Guisa, Cuba’, *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 7(2), pp. 263–275.
- Cuchiparte Toapanta, J.S. (2024) *Evaluación de la diversidad y abundancia de grupos funcionales de macro y meso invertebrados en cinco sistemas de producción en Cotopaxi, 2024*. bachelorThesis. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Available at: <http://localhost/handle/27000/12079> (Accessed: 27 March 2024).
- Cuevas, F.D.M. *et al.* (2019) ‘Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo’, *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), pp. 23–33. Available at: <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1792>.
- Cupul-Magaña, F., Bueno-Villegas, J. and Lucio Palacio, C. (2019) ‘Ciempiés (Clase Chilopoda)’, in. Mexico, pp. 181–185. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/337948856\\_Ciempies\\_Clase\\_Chilopoda](https://www.researchgate.net/publication/337948856_Ciempies_Clase_Chilopoda).
- Dávila, G. de la C.C., Rendón, J.A.S. and Lima, D.P. de L. (2022) ‘Macrofauna edáfica: composición, variación y utilización como bioindicador según el impacto del uso y calidad del suelo’, *Acta Botánica Cubana*, 221. Available at: <https://revistasgeotech.com/index.php/abc/article/view/404> (Accessed: 18 November 2023).
- Delgado Jimenez, J.A. (2021) *Uso de insectos nativos en el control biológico de las cochinillas algodonosas presentes en las plantas ornamentales de la ciudad de Guayaquil*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. Available at: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/53106/1/T-111257%20DELGADO.pdf> (Accessed: 29 July 2024).
- Díaz-Díaz, Y. and Blanco-Valdés, Y. (2022) ‘Las arvenses como indicador microbiológico del suelo’, *Cultivos Tropicales*, 43(1), pp. e12–e12.
- Dolores, M. (2022) ‘La biodiversidad del suelo: importancia, amenazas y su influencia en la salud humana’, *Revista Ae* [Preprint]. Available at: <https://revista-ae.es/maria->

dolores-raigon-biodiversidad-del-suelo-importancia-amenazas-influencia-en-salud-humana/.

- Ferro, D.A. *et al.* (2020) ‘Disponibilidad y relación de calcio y magnesio: Efecto sobre exportación y concentración en raigrás y soja’, *Revista de la Facultad de Agronomía*, 119(2), pp. 057–057. Available at: <https://doi.org/10.24215/16699513e057>.
- Gallego-Ropero, M.C. and Salguero Rivera, B. (2015) ‘ENSAMBLAJE DE HORMIGAS DEL BOSQUE SECO TROPICAL, JARDÍN BOTÁNICO DE CALI’, *Colombia Forestal*, 18(1), pp. 139–150. Available at: <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2015.1.a08>.
- García, Y., Ramirez, W. and Sanchez, S. (2012) ‘Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource’, *Matanzas, Cuba*, 35(2), pp. 125–137.
- Gilgado, J.D. (2024) ‘Los milpiés (Myriapoda: Diplopoda) del medio subterráneo en la península ibérica e islas baleares’, *Ecosistemas*, 33(2), pp. 2458–2458. Available at: <https://doi.org/10.7818/ECOS.2458>.
- Gomez, J., Gallo, V. and Camacho, K. (2022) ‘Evaluación del bosque húmedo tropical mediante el análisis de la cobertura fraccional y técnicas SIG en la subcuenca del río Yuracyacu, Amazonía peruana’. Available at: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-04712021000200203](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712021000200203).
- Gutiérrez-Bermúdez, C. del C., Mendieta-Araica, B.G. and Noguera-Talavera, Á.J. (2020) ‘Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua’, *Pastos y Forrajes*, 43(1), pp. 32–40.
- Heděnc, P. *et al.* (2022) ‘Global distribution of soil fauna functional groups and their estimated litter consumption across biomes’, *Scientific Reports*, 12(1), p. 17362. Available at: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21563-z>.
- Hernández-Chávez, M.B. *et al.* (2020a) ‘Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 43(1), pp. 18–25.
- Julca-Otiniano, A. *et al.* (2006) ‘LA MATERIA ORGÁNICA, IMPORTANCIA Y EXPERIENCIA DE SU USO EN LA AGRICULTURA’, *Idesia (Arica)*, 24(1), pp. 49–61. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>.
- Kelly, C. *et al.* (2020) ‘The effects of dryland cropping system intensity on soil function and associated changes in macrofauna communities’, *Soil Science Society of America Journal*, 84(6), pp. 1854–1870. Available at: <https://doi.org/10.1002/saj2.20133>.
- Lainez, M. (2022) *CALIDAD DE AGUA DE POZOS EN LA COMUNA DOS MANGAS DE LA PARROQUIA MANGLARALTO PARA EL RIEGO DE CULTIVOS AGRÍCOLAS*. UPSE. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/8737/4/UPSE-TIA-2022-0050.pdf>.

- Lang-Ovalle, F.P. *et al.* (2011) 'MACROFAUNA EDÁFICA ASOCIADA A PLANTACIONES DE MANGO Y CAÑA DE AZÚCAR', *Terra Latinoamericana*, 29(2), pp. 169–177.
- Lara-Villalón, M. *et al.* (2015) 'Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) asociadas a palma camedor (*Chamedorea radicalis* Mart.) en el bosque tropical, Gómez Farías, Tamaulipas, México', *Acta zoológica mexicana*, 31(2), pp. 270–274.
- Lema Veloz, N. (2016) 'DETERMINACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN DISTINTOS USOS DE SUELO EN TRES AGROECOSISTEMAS DE LA COMUNIDAD DE NAUBUG', *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO* [Preprint]. Available at: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5419/1/TESIS%20MACROFAUNA.pdf>.
- Machado-Cuellar, L. *et al.* (2021a) 'Macrofauna del suelo y condiciones edafoclimáticas en un gradiente altitudinal de zonas cafeteras, Huila, Colombia', *Revista de Biología Tropical*, 69(1), pp. 102–112. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v69i1.42955>.
- Marquez-Peña, J. *et al.* (2023) 'Riqueza y diversidad de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) según uso de suelo en dos paisajes agroforestales de Colombia', *Revista de Biología Tropical*, 71(1). Available at: <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v71i1.52087>.
- Martínez, Y.P.C. (2022) 'ESTRUCTURA DE LA MACRO, MESO Y MICROFAUNA DEL SUELO'.
- Martins, A.E. de S. *et al.* (2021) 'LEVANTAMENTO DA MACROFAUNA EDÁFICA EM ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NO MARANHÃO', *Revista de Geociências do Nordeste*, 7(1), pp. 30–37. Available at: <https://doi.org/10.21680/2447-3359.2021v7n1ID19859>.
- Masin, C.E. *et al.* (2017) 'Macrofauna edáfica asociada a diferentes ambientes de un vivero forestal (Santa Fe, Argentina)', *Ciencia del suelo*, 35(1), pp. 21–33.
- Montenegro, A., Filella, J. and Valdivia, N. (2017) 'Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco', (22).
- Montero, G.A., Carnevale, N.J. and Magra, G. (2011) 'Ensamblajes estacionales de artrópodos epigeos en un bosque de quebracho (*Schinopsis balansae*) en el Chaco Húmedo', *Revista Colombiana de Entomología*, 37(2), pp. 294–304.
- Morales-Rojas, E. *et al.* (2021) 'Macrofauna edáfica asociada al cultivo de maíz (*Zea mays*)', *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), pp. 15–25. Available at: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100015>.
- Murillo, F. *et al.* (2019) 'Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo', *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6, p. 23. Available at: <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1792>.



- Murillo-Cuevas, F.D. *et al.* (2019) 'Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo', *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 6(16), pp. 23–33. Available at: <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1792>.
- Nicosia, S. *et al.* (2020) 'Estructura de la comunidad de la mesofauna edáfica en dos suelos con distinta intensidad de uso', *Ciencia del suelo*, 38(1), pp. 72–80.
- Noguera-Talavera, Á. *et al.* (2017) 'Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de Moringa oleifera Lam. en Nicaragua', *Pastos y Forrajes*, 40(4), pp. 184–187.
- Noguera-Talavera, A., Reyes-Sánchez, N. and Mendieta-Araica, B. (2017b) 'Diversidad y distribución de la macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleifera (Lam.): relación con las propiedades del suelo | La Calera'. Available at: <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/CALERA/article/view/307> (Accessed: 7 November 2024).
- Oleiro, M.I. (2015) *Efecto de la diversidad funcional de insectos herbívoros en el ciclado de carbono y nitrógeno en bosques andino-patagónicos*. Tesis Doctoral. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Available at: [https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis\\_n5876\\_Oleiro](https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/collection/tesis/document/tesis_n5876_Oleiro).
- Otzen, T. and Manterola, C. (2017) 'Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio', *International Journal of Morphology*, 35(1), pp. 227–232. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>.
- Peña, M.R.A. (2014) 'REFORESTACION DE SUELOS IMPRODUCTIVOS EN EL BOSQUE TROPICAL HUMEDO. CASO: COMUNAS DOS MANGAS Y SAN JOSÉ EN SANTA ELENA ECUADOR', *REVISTA DELOS*, 9(19). Available at: <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/239>.
- Pérez, S.O.C. and Álvarez, M.Ñ. (2019a) 'Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclino en San Martín – Perú', *TAYACAJA*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.46908/riect.v2i2.49>.
- Pérez, S.O.C. and Álvarez, M.Ñ. (2019b) 'Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclino en San Martín – Perú', *TAYACAJA*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.46908/riect.v2i2.49>.
- Pérez -Trujillo, E., Hurtado, A.M.A.- and Vega -Jara, L. (2022) 'Relación del contenido de materia orgánica con el pH de los análisis de suelo en cinco provincias de Huánuco', *Revista Investigación Agraria*, 4(2), pp. 46–54. Available at: <https://doi.org/10.47840/ReInA.4.2.1381>.
- Pozo Quiroz, J.A. (2020) *Caracterización de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto de dos usos de la tierra en el centro de apoyo Manglaralto*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5534> (Accessed: 8 October 2024).

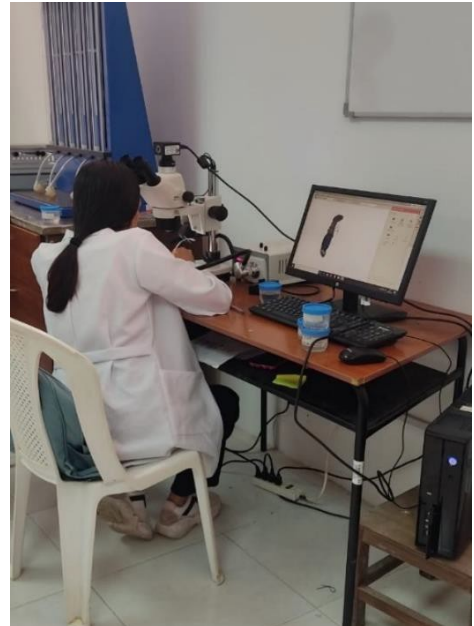
- Pozo-Galves, C. *et al.* (2017) ‘Características y clasificación de suelos Gley Nodular Ferruginoso bajo cultivo intensivo de arroz en Los Palacios’, *Cultivos Tropicales*, 38(4), pp. 58–64.
- R Core Team (2023) *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Available at: <https://www.R-project.org/>.
- Romero Rosales, E.J. (2024) *Identificación de macrofauna edáfica en la estación agrostológica de Colonche, Santa Elena*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12050> (Accessed: 8 October 2024).
- Rosa, I.N.D. la and Negrete-Yankelevich, S. (2012) ‘Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México’, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(1), pp. 201–215.
- Saavedra-Romero, L. de L. *et al.* (2020) ‘Propiedades físicas y químicas del suelo urbano del Bosque San Juan de Aragón, Ciudad de México’, *Terra Latinoamericana*, 38(3), pp. 529–540. Available at: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.644>.
- Salmerón López, A., Geada López, G. and Fagilde Espinoza, M. del C. (2017) ‘Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental’, *Bosque (Valdivia)*, 38(3), pp. 457–466. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>.
- Salmerón López, A., Geada López, G. and Fagilde Espinoza, M.D.C. (2017) ‘Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental’, *Bosque (Valdivia)*, 38(3), pp. 457–466. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>.
- Sánchez De Prager, M., Sierra Monroy, A. and Peñaranda Parada, M.R. (2015) ‘Poblaciones de Ácaros, Colémbolos y otra Mesofauna en un Inceptisol bajo Diferentes Manejos’, *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 68(1), pp. 7411–7422. Available at: <https://doi.org/10.15446/rfnam.v68n1.47828>.
- Sarmiento (2017) ‘El bosque húmedo tropical’. Available at: [https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/1280492/es\\_ciencia\\_13\\_b\\_bosque\\_humedo.pdf](https://bibliofep.fundacionempresaspolarg.org/media/1280492/es_ciencia_13_b_bosque_humedo.pdf).
- Schoebitz, M. (2018) ‘La importancia de la conservación de la biodiversidad de los suelos -’, *Facultad de Agronomía-UdeC*. Available at: <https://vidasaludable.udec.cl/node/410>.
- Sinisterra Rodriguez, R.M., Gallego Roperero, M.C. and Armbrecht De Peñaranda, I. (2015) ‘Hormigas asociadas a nectarios extraflorales de árboles de dos especies de Inga en cafetales de Cauca, Colombia’, *Acta Agronómica*, 65(1). Available at: <https://doi.org/10.15446/acag.v65n1.47167>.

- Socarrás-Rivero, A.A. (2018) 'Diversidad de la mesofauna edáfica en tres usos del suelo en la provincia Mayabeque, Cuba', *Pastos y Forrajes*, 41(2), pp. 123–130.
- Solari, A. *et al.* (2020) 'Las termitas como agentes naturales de alteraciones tafonómicas postdepositacionales en un esqueleto humano del sitio arqueológico Toca do Enoque (Piauí, Brasil)', *Revista Argentina de Antropología Biológica*, 22(1), pp. 1–10.
- Tapia-Coral, S. *et al.* (2016) 'Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento', *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, pp. 260–267. Available at: <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n0.2016.380>.
- Villarreal, M. del C.S., Cabrera, F.A.V. and Villarreal, F.A.S. (2019) 'Inventarios e índices de diversidad agrícola en fincas campesinas de dos municipios del Valle del Cauca, Colombia', *Entramado*, 15(2), pp. 264–274. Available at: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.5744>.
- Zhong, S., Guo, S. and Zhang, A. (2013) 'Prueba de Kruskal-Wallis para preservar la privacidad', *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 112(1), pp. 135–145. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2013.05.023>.

## ANEXOS



**Figura 1A.** Extracción manual de la macrofauna del suelo



**Figura 2A** Identificación de las muestras de los insectos en el estereoscopio del laboratorio de suelo



**Figura 3A** Toma de fotos de los insectos mediante el estereoscopio en el laboratorio del suelo

Id	Id_M	Lugar	Fecha	Uso	AS1	AMO	ANT	ACIC	CODIGO	Coordenada X	Coordenada Y
47	Dm-MON01-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON01-BC	-80,73763	-1,8441
48	Dm-MON02-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON02-BC	-80,73852	-1,8318
49	Dm-MON03-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON03-BC	-80,73819	-1,8322
50	Dm-MON04-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON04-BC	-80,73937	-1,8306
51	Dm-MON05-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON05-BC	-80,73934	-1,8311
52	Dm-MON06-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON06-BC	-80,74073	-1,8336
53	Dm-MON07-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON07-BC	-80,73964	-1,8343
54	Dm-MON08-BC	Dos Mangas	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON08-BC	-80,74014	-1,83382
55	Dm-MON01-CC	Dos Mangas	ago-21	Ají / Café	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON01-CC	-80,70009	-1,82578
56	Dm-MON02-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON02-CC	-80,70046	-1,82356
57	Dm-MON03-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON03-CC	-80,70072	-1,82315
58	Dm-MON04-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON04-CC	-80,70084	-1,82265
59	Dm-MON05-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia / Frejol	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON05-CC	-80,70126	-1,82254
60	Dm-MON06-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia / Frejol	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON06-CC	-80,70113	-1,82297
61	Dm-MON07-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia / Frejol	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON07-CC	-80,70100	-1,82348
62	Dm-MON08-CC	Dos Mangas	ago-21	Sandia / Frejol	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-DM-MON08-CC	-80,70036	-1,82271

**Figura 4A** 1 Matriz de procesamiento de datos la macrofauna edáfica recolectada en los sistemas de uso de suelo, Bosque seco tropical y Cultivos de ciclo corto en la Comuna Dos Mangas, Santa Elena, Ecuador.

Cod	Uso	pH	P	MO	RCa_Mg	RMg_K	RCaMg_K	N_TOTAL	Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC	H	D	S	J	Det	Herb	Dep	Omn
DM-MON01-BC	BSTr	6.30	69.00	5.00	3.70	3.99	18.75	0.30	0.89	3.10	21.71	8.93	35.00	38.00	2.41	0.90	14	0.91	48	32	128	80
DM-MON02-BC	BSTr	5.90	41.00	1.80	3.41	6.28	27.71	0.30	0.99	1.56	21.55	8.45	33.00	40.00	1.10	0.67	3	1.00	96	16	128	16
DM-MON03-BC	BSTr	6.00	24.00	2.80	3.59	6.77	31.05	0.30	1.05	1.15	22.16	8.09	32.00	34.00	2.03	0.86	8	0.97	80	0	48	0
DM-MON04-BC	BSTr	5.30	42.00	2.50	2.65	11.46	41.84	0.30	1.07	2.11	20.96	8.57	32.71	36.86	1.71	0.77	7	0.88	32	0	16	0
DM-MON05-BC	BSTr	5.60	88.00	4.00	2.59	6.17	22.13	0.40	1.35	1.81	13.74	7.00	24.00	26.00	1.48	0.73	5	0.92	976	32	80	128
DM-MON06-BC	BSTr	6.10	48.00	5.00	3.78	4.86	23.23	0.30	0.63	2.77	25.28	9.08	38.00	44.00	2.09	0.86	9	0.95	0	32	48	0
DM-MON07-BC	BSTr	6.00	54.00	2.20	2.94	9.58	37.72	0.21	1.13	1.98	20.04	8.85	32.00	34.00	1.76	0.79	8	0.85	32	16	224	16
DM-MON08-BC	BSTr	6.00	9.00	2.50	2.87	8.80	34.07	0.27	1.45	2.43	22.27	9.59	36.00	42.00	1.75	0.76	8	0.84	80	32	0	0
DM-MON01-CC	CCC	6.30	39.00	3.00	2.56	7.73	27.54	0.24	2.72	2.11	19.04	12.74	37.00	46.00	1.84	0.81	8	0.89	48	32	128	80
DM-MON02-CC	CCC	6.70	34.00	6.20	3.64	5.45	25.26	0.39	1.20	3.11	21.13	8.74	34.00	36.00	2.19	0.88	10	0.95	96	16	128	16
DM-MON03-CC	CCC	6.50	16.00	5.00	2.42	6.90	23.59	0.30	1.08	3.13	21.32	8.76	34.00	40.00	1.32	0.72	4	0.95	80	0	48	0
DM-MON04-CC	CCC	6.10	8.00	2.80	2.12	18.28	56.97	0.30	2.05	1.87	14.88	8.44	27.00	30.00	0.64	0.44	2	0.92	32	0	16	0
DM-MON05-CC	CCC	6.30	7.00	4.30	2.27	13.43	43.86	0.33	3.16	1.03	24.81	15.85	45.00	54.00	0.75	0.34	7	0.39	976	32	80	128
DM-MON06-CC	CCC	5.80	5.00	2.10	1.85	12.67	36.07	0.27	2.43	2.25	27.29	16.06	48.00	56.00	1.33	0.72	4	0.96	0	32	48	0
DM-MON07-CC	CCC	6.60	7.00	2.50	1.92	13.83	40.44	0.27	2.14	2.33	26.30	18.11	49.00	54.00	1.35	0.64	6	0.75	32	16	224	16
DM-MON08-CC	CCC	6.20	6.00	2.50	2.57	10.28	36.69	0.27	2.04	2.36	23.39	15.79	44.00	48.00	1.48	0.73	5	0.92	80	32	0	0

**Figura 5A** 1. Matriz de las propiedades físicas y químicas del suelo, índices de diversidad e importancia de los grupos funcionales

# GALERIA

## Arañas



Familia corinnidae vista dorsal (1)



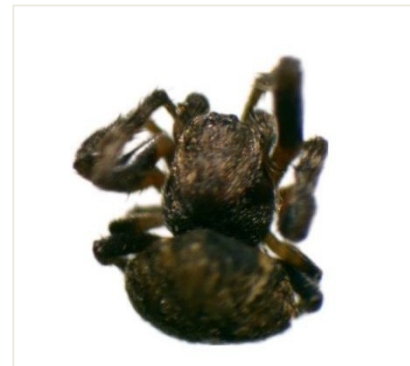
Familia Gnaphosidae o Clubionidae  
Vista ventral



Familia Lycosidae



Familia Araneidae



Familia Theridiidae

# Hormigas



Familia Formicidae Ectatomma edentatum, Depredador



Familia Formicidae indeterminada , Omnivoro



Familia Formicidae, Myrmicinae,



Familia Formicidae formicinae



Familia Formicidae Pseudomyrmicinae



## Termitas



Familia Termitidae

## Escarabajos



Familia carabidae adulto



Familia Staphylinidae Paederinae



Familia Staphylinidae, tachiporinae



Familia Staphylinidae Iv



Familia Scarabaeidae

# Lombriz de tierra



Familia Haplotaxida indeterminada



Familia Glossoscolecidae

# Milpiés



Familia PARADOXOSOMATIDE



Familia Polyxenida indeterminada

## Tijereta



Familia Carcinophoridae

## Picudo



Familia Curculionidae larva

## Cucarachas

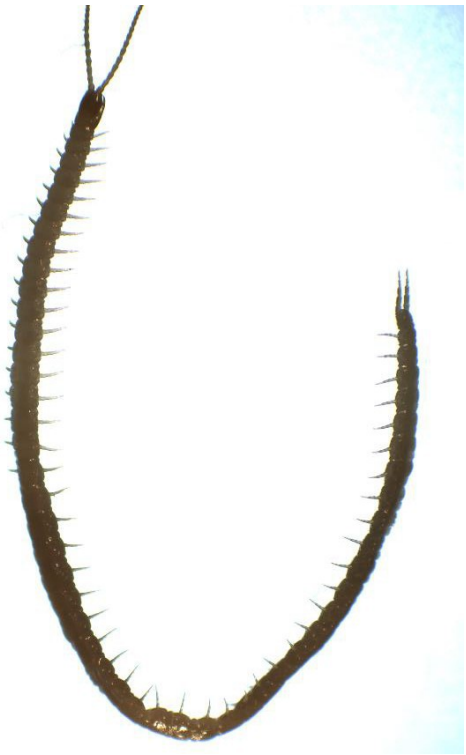


Familia Blaberidae



Familia Blattaria indeterminada

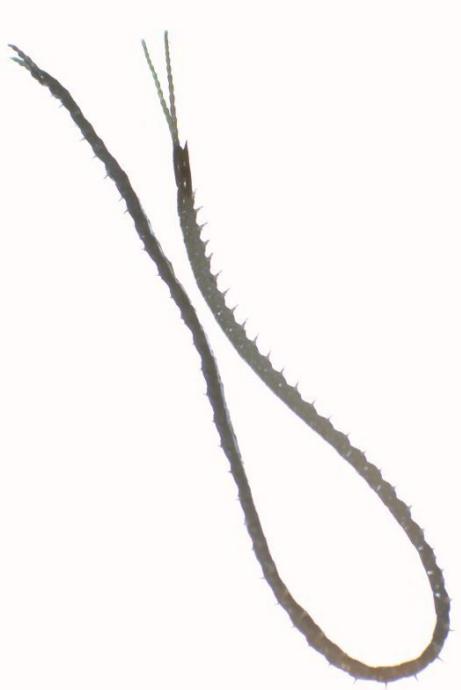
# Ciempíes



Familia Geophilidae



Familia Lithobidae



Familia Himantariidae

## Chinches



Familia Rhyparochoromide

## Cochinillas



Familia Armadalidae



Familia Porcellionidae