



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

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE APOYO
MANGLARALTO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Adamaris Eileen Pozo Holguin.

LA LIBERTAD, NOVIEMBRE 2024



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

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE APOYO
MANGLARALTO**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor/a: Adamaris Eileen Pozo Holguin

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

Cotutor: Blga. Grisel Cabrera Dávila, PhD.

LA LIBERTAD, 2024

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **ADAMARIS EILEEN POZO HOLGUIN** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario 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, Ph.D
**DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Ing. Nadia Rosaura 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, c=EC, o=IQUITO, ou=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE Motivo: Soy el autor de este documento Ubicación: Fecha: 2025-01-13 09:49:56:00



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

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

Ing. Nadia Rosaura 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

Agradezco a Dios por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para concluir esta etapa de mi vida. A mis padres, por su apoyo incondicional y por darme las fuerzas necesarias para seguir.

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ing. Daniel Ponce de León, mi tutor, por su paciencia y dedicación en este proceso de investigación. También agradezco a todos los docentes que con sus conocimientos y experiencia contribuyeron en mi formación.

A Jessica, Rosa y Thalía quienes conocí en la universidad y con el tiempo se convirtieron en mis amigas, sin dejar atrás a Jonathan y Edward gracias por estar siempre a mi lado, brindándome apoyo tanto en lo académico como en lo emocional.

A mis mejores amigos Maylis y Ernesto, por estar siempre presente y escucharme cuando le hablaba sobre temas de la universidad y de la vida.

Finalmente, mi gratitud a todas las personas que, de una u otra manera, han sido claves en este proceso: a mis demás amigos, familia y personas especiales, les agradezco infinitamente por su confianza y apoyo.

Adamaris Eileen Pozo Holguin

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, Elsi Holguin y Rober Pozo quienes me enseñaron el valor del esfuerzo y la perseverancia, sus sacrificios y su amor incondicional han sido la luz a lo largo de mi camino en todos estos años de estudio, y sin ellos nada de esto sería posible.

A mi madre, en especial, porque siempre creyó en mí y en todo lo que podía lograr, hoy con este logro en mis manos, se lo dedico desde lo más profundo de mi corazón.

A mis abuelos, especialmente a mi abuelo Luis, quien ha sido un ejemplo de superación y fortaleza. Gracias a él, decidí seguir esta carrera, inspirada en sus pasos y en su valentía.

A mis hermanos Alexander y Cristel que con su cariño y apoyo me impulsaron día a día, recordándome con su presencia que nunca estaba sola.

A mis amistades, quienes creyeron en mí incluso cuando dudaba de mí misma. Su confianza y apoyo han sido fundamental, estaré eternamente agradecida por haberlos tenido a mi lado en esta etapa.

A toda mi familia, les dedico este logro con todo mi amor y gratitud.

RESUMEN

El presente estudio se llevó a cabo en el centro de apoyo Manglaralto, ubicado en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena a principios de la época seca. El objetivo fue evaluar los cambios que presenta la macrofauna edáfica y su función como bioindicador en relación con los distintos usos del suelo. Para la recolección de estos organismos se utilizó la metodología de Tropic Soil Biology and Fertility (TSBF) utilizando un muestreo aleatorio estratificado, mediante el estudio de monolitos. La unidad de muestreo tuvo dimensiones de 25 x 30 cm con una profundidad de 0-30 cm en dos usos de suelo: bosque seco tropical (BSTR) (8 monolitos) y cultivos de ciclo corto (CCC) (6 monolitos). Posteriormente, los organismos fueron identificados, clasificados al nivel de familia y fotografiados. En BSTR se encontraron 2 224 ind.m² en total, mientras que en CCC se contabilizaron 3 627 ind.m². En cuanto a la riqueza de familias, fue el uso BSTR el que mayor número de familias presentó, con un total de 26 familias predominando las *Termitidae* (Termitas), *Formicidae* (Hormigas), *Porcillionidae* (Cochinillas), mientras que en cultivo se identificó 17 familias donde también predominaron las hormigas junto con *Paradoxosomatidae* (milpiés) y *Staphylinidae* (escarabajos). Se analizó los índices de diversidad, riqueza, equitatividad e igualdad de especies proporcionándonos así información importante sobre la estructura y estabilidad de las comunidades biológicas, además se realizaron comparaciones entre grupos funcionales, destacándose los detritívoros (1 376 individuos) y omnívoros (2 816 individuos). Los resultados de la prueba de Kruskal- Wallis mostró diferencias significativas entre los dos usos de suelo, corroborando estudios previos que sugieren una mayor abundancia y estabilidad de estos organismos en sistemas forestales conservados en comparación de los terrenos agrícolas.

Palabras claves: Grupos funcionales, abundancia de organismos, bioindicador.

ABSTRACT

The present study was carried out in the Manglaralto support center, located in the Manglaralto parish of the Santa Elena canton at the beginning of the dry season. The objective was to evaluate the changes in the edaphic macrofauna and its function as a bioindicator in relation to different land uses. The Tropic Soil Biology and Fertility (TSBF) methodology was used to collect these organisms, using stratified random sampling by means of a monolith study. The sampling unit had dimensions of 25 x 30 cm with a depth of 0-30 cm in two land uses: tropical dry forest (BSTr) (8 monoliths) and short cycle crops (CCC) (6 monoliths). Subsequently, the organisms were identified, classified to family level and photographed. A total of 2 224 ind.m² were found in BSTr, while 3 627 ind.m² were counted in CCC. In terms of family richness, BSTr had the highest number of families, with a total of 26 families, predominantly *Termitidae* (Termites), *Formicidae* (Ants), *Porcillionidae* (Mealybugs), while in cultivation, 17 families were identified, where ants also predominated together with *Paradoxosomatidae* (millipedes) and *Staphylinidae* (beetles). We analyzed the indexes of diversity, richness, equity and equality of species, thus providing important information on the structure and stability of the biological communities, as well as comparisons between functional groups, highlighting the detritivores (1 376 individuals) and omnivores (2 816 individuals). The results of the Kruskal-Wallis test showed significant differences between the two land uses, corroborating previous studies that suggest a greater abundance and stability of these organisms in conserved forest systems compared to agricultural lands.

Key words: Functional groups, abundance of organisms, bioindicator.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE APOYO MANGLARALTO**” y elaborado por **Adamaris Eileen Pozo Holguin**, 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".



Firmado electrónicamente por:
**ADAMARIS EILEEN
POZO HOLGUIN**

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico	1
Justificación	1
Objetivos	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Suelo	3
1.2 Clima	4
1.3 Fauna del suelo	4
1.4 Clasificación de la fauna edáfica.....	6
1.4.1 Microfauna	6
1.4.2 Mesofauna	6
1.4.3 Macrofauna.....	6
1.5 Características morfológicas y funcionales de los organismos del suelo.....	8
1.5.1 Lombrices de tierra.....	8
1.5.2 Miriápodos.....	9
1.5.3 Arañas.....	9
1.5.4 Babosas y caracoles	9
1.5.5 Escarabajos	9
1.6 Grupos Funcionales de la macrofauna del suelo	10
1.6.1 Detritívoros.....	10
1.6.2 Herbívoros	10
1.6.3 Depredadores	11
1.6.4 Ingenieros del suelo.....	11
1.7 Macrofauna como bioindicador de la calidad del suelo.....	11
1.8 Índices de biodiversidad de los organismos del suelo	12
1.8.1 Índice de Shannon	12
1.8.2 Índice de Simpson	12
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	13
2.1 Caracterización del área.....	13

2.2	Materiales, equipos y reactivos	14
2.2.1	Material de campo para colecta de muestras	14
2.2.2	Material de laboratorio	14
2.2.3	Equipos de laboratorio.....	14
2.2.4	Libros y colecciones	15
2.2.5	Software.....	15
2.3	Diseño de investigación	15
2.3.1	Tipo de investigación.....	15
2.3.2	Esquema de muestreo aleatorio estratificado	15
2.3.3	Descripción de variables	15
2.4	Manejo del experimento	16
2.4.1	Sítios de muestreo.....	16
2.4.2	Procesamiento de muestra	16
2.5	Análisis estadístico de los resultados	19
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		20
3.1	Zonificación de las áreas de estudio	20
3.2	Análisis de las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos	20
3.3	Determinación de la biodiversidad de macrofauna edáfica	25
3.3.1	Cantidad de individuos colectados en los usos de tierra.....	25
3.3.2	Familia de macrofauna encontradas en el estudio	26
3.4	Análisis de los índices de biodiversidad.....	28
3.5	Curva de Rango abundancia por usos de tierra.....	29
3.6	Grupos de funciones en dos usos de tierra	32
3.7	Relación detritívoro/ No detritívoro	33
3.8	Correlación	35
3.9	Análisis de varianza Kruskal-Wallis	35
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		37
Conclusiones		37
Recomendaciones		37
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		38
ANEXOS.....		45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la fauna edáfica.....	5
Tabla 2. Clasificación de la Macrofauna edáfica	7
Tabla 3. Matriz para el inventario de la macrofauna extraída en el centro de apoyo Manglaralto.	17
Tabla 4. Análisis estadístico de las variables en estudio representados por cada grupo	20
Tabla 5. Familias de macrofauna encontradas en muestras de Bosque y Cultivo.....	27
Tabla 6. Interpretación de la Correlación según el Valor de Rho (\pm)	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Climograma de Manglaralto mostrando las precipitaciones (mm) y temperaturas medias mensuales (°C).....	13
Figura 2. Ubicación de los diferentes puntos donde se realizó la respectiva recolección de macrofauna	14
Figura 3. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba de posthoc Bonferroni comparando los dos usos de tierra: BSTR y CCC. A la izquierdo encontramos, el gráfico de relación magnesio/potasio y a la derecha, el gráfico de la relación de calcio magnesio/ potasio.	23
Figura 4. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba de posthoc Bonferroni comparando los dos usos de tierra: BSTR y CCC. A la izquierdo encontramos, el gráfico de pH y a la derecha, el gráfico de la relación de calcio/ magnesio.....	24
Figura 5. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba posthoc de Bonferroni comparando los dos usos: BSTR y CCC. A la izquierdo encontramos, el gráfico de Sodio (Na) y a la derecha, el gráfico de Potasio (K).	25
Figura 6. Total de individuos encontrados en cada uso de tierra	26
Figura 7. Índices de biodiversidad de la macrofauna (H':índice de Shannon, D: índice de Simpson, S: índice de riqueza, J: índice de igualdad) en BSTR y CCC	29
Figura 8. Curvas de Rango Abundancia de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. a: Bosque seco tropical (BSTR), b: Cultivo ciclo corto (CCC).	31
Figura 9. Diagrama de cajas (box plot) de la densidad de los grupos funcionales en Manglaralto. a: Bosque seco tropical, b: Cultivo de ciclo corto.....	33
Figura 10. Indicador Detritívoro/ No detritívoro de BSTR.	34
Figura 11. Indicador Detritívoro/ No detritívoro de CCC.....	35
Figura 12. Diagrama de caja (Box plot) de Det: Detritívoro comparando los dos usos de tierra: BSTR y CCC.....	36

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A. Extracción de la macrofauna edáfica en los dos usos de tierra: BStr y CCC.

Figura 2A. Conteo del número de individuos por monolitos en los dos usos de tierra.

Figura 3A. Identificación de la macrofauna a nivel de orden y familia mediante el estereoscopio.

Figura 4A. Toma de fotografías para la base de datos del estudio.

Figura 5A. Matriz del muestreo de Macrofauna Edáfica en Dos Usos de Tierra: Bosque y Cultivo en Manglaralto, Agosto 2021.

Figura 6A. Matriz de Propiedades química y Fisicoquímicas del Suelo, Índices de Diversidad e Importancia de Grupos Funcionales en los dos usos de Tierra: BStr y CCC.

INTRODUCCIÓN

La macrofauna edáfica incluye organismos invertebrados que habitan en el suelo y tienen un diámetro mayor a 2mm. Estos organismos se clasifican en tres grupos funcionales según sus hábitos alimenticios: depredadores, herbívoros y descomponedores. Los depredadores se alimentan de otros invertebrados del suelo mientras que los herbívoros consumen materiales vegetales, y los descomponedores se nutren de materia orgánica no viva ya sea de origen animal o vegetal (Noguera et al., 2018).

La diversidad de estos organismos desempeña un papel importante en el equilibrio ecológico del suelo porque ayuda a mejorar las condiciones de este, contribuyendo a procesos como la descomposición y mineralización de la materia orgánica, influyendo también en la salud y sostenibilidad de los ecosistemas terrestre (Cabrera *et al.*, 2019).

La parroquia Manglaralto debido a su considerable extensión cuenta con una amplia variedad de usos y cobertura de suelos. Debido a esta variedad, la calidad del suelo que a su vez se encuentra determinada por las propiedades físicas, químicas y biológicas también va a estar condicionada a al sitio en el que se encuentre, aunado además a la influencia que el ser humano pueda tener sobre las mismas por las diversas actividades urbanísticas, agrícolas y pecuarias que se desarrollan en la zona.

La degradación de los ecosistemas conlleva a una serie de graves consecuencias como la pérdida de la biodiversidad, lo que a su vez compromete a las cadenas tróficas que se dan dentro mismo, por ello el estudio de la biodiversidad en un ecosistema permitirá visualizar la salud de este. Es así que este estudio tiene como objetivo determinar y caracterizar la macrofauna edáfica evaluando dos usos de tierra para conocer la biodiversidad del suelo que existe en el centro de apoyo Manglaralto y con el fin de desarrollar practicas sostenibles y amigables con el medio ambiente (Coral *et al.*, 2016).

Problema Científico

¿En qué medida el uso de tierra impacta en la macrofauna edáfica?

Justificación

La macrofauna edáfica es importante para la salud del suelo porque participa en procesos como el reciclaje de nutrientes y aireación, por lo tanto, la sensibilidad a los cambios

ambientales los convierte en un bioindicador eficiente para la calidad del suelo. Caracterizar esta fauna nos permitirá evaluar el impacto de las actividades que se realizan sobre el suelo, aportando información valiosa para el manejo adecuado, asegurando la conservación y funcionalidad a largo plazo. Los principales beneficiarios de estos resultados son los agricultores y comunidades locales quienes podrán implementar prácticas sostenibles.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Analizar la diversidad y funcionalidad de la macrofauna del suelo en distintos usos de tierra como las áreas de bosque subhúmedo y de cultivos de ciclo corto en el centro de Apoyo Manglaralto.

Objetivos Específicos:

1. Categorizar la abundancia relativa de los grupos funcionales ecológicos de la macrofauna en los dos usos de tierra.
2. Comparar el comportamiento de los bioindicadores de la macrofauna en conjunto con las propiedades fisicoquímicas del suelo para las áreas de bosque seco tropical y de cultivos de ciclo corto.

Hipótesis

El uso de la tierra impacta en la diversidad y composición relativa de grupos funcionales de la macrofauna edáfica y su empleo como bioindicador permite la caracterización del estado ecológico del suelo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Suelo

El suelo juega un papel importante en el ecosistema terrestre, siendo la base fundamental para la explotación agropecuaria, dentro de la matriz de suelo se llevan a cabo diferentes procesos como la descomposición de materia orgánica, el aumento de la porosidad, la infiltración de agua, bioturbación, entre otros (Domínguez, 2020).

Aunque se considera como un recurso natural, su uso no sustentable no es sostenible a largo plazo teniendo consecuencias negativas como su deterioro. Por esa razón, el manejo del suelo es importante, ya que un buen manejo asegura que sus propiedades físicas, químicas y biológicas se conserven (Trujillo et al., 2018).

Además, la cantidad de materia orgánica del suelo (MOS) y la presencia de los invertebrados son indicadores importantes en la calidad del suelo, debido a la relación que existe entre ambos pues la materia orgánica acaba siendo la fuente de alimento y hábitat de los invertebrados del suelo, de manera que la ausencia de MO acabará por comprometer la biodiversidad del suelo (Ayuke *et al.*, 2011).

La biodiversidad de organismos del suelo está siendo amenazada por las actividades humanas, Cameron *et al.*, (2019) señalan que se deben considerar las diferentes acciones de conservación al momento que realicen prácticas en estos ecosistemas, en este caso su investigación se enfoca en los bosques templados dando como resultado la baja biodiversidad del subsuelo mientras que en biomas boreales y tundra se determinó una biodiversidad intermedia sugiriendo una mayor protección para preservar la biodiversidad y evitar su deterioro.

Estos organismos dependen en gran medida de la humedad, pH y temperatura del suelo relacionándose con el macroclima siendo estas variaciones anuales de temperatura y pluviometría de grandes extensiones de tierras que tienen las mismas condiciones climáticas o son muy similares (Chiappero *et al.*, 2024).

Estos invertebrados desempeñan funciones ecológicas, contribuyendo a la restauración de los suelos que han pasado por diversas prácticas agrícolas o pecuarias y así poder implementar estrategias de manejo sostenible para promover la conservación a largo plazo de la biodiversidad del suelo (Biondi, *et al.*, 2022).

1.2 Clima

En los agroecosistemas tropicales semiáridos, la abundancia y la biodiversidad de organismos en el suelo tiende a reducirse con mayor facilidad. Esto se debe a la alteración de la estructura de su hábitat que son causadas por condiciones climáticas extremas, quema de residuos de los cultivos, arado, la preparación y el uso de los agroquímicos (Robertson *et al.*, 1994).

La diversidad de estos organismos varía dependiendo del área en el que se encuentren, en bosques subhúmedos se observa mayor abundancia de detritívoros en comparación con áreas donde realizan prácticas agrícolas ya que este grupo funcional es sensible a los cambios inducidos por la agricultura (Noguer *et al.*, 2017). Machado *et al.*, (2021) se basa en su investigación en las condiciones edafoclimáticas en gradientes altitudinales dando como resultado que en sitios más cálidos; se encuentran en mayor abundancia los coleópteros, hemípteros, isópteros, lepidópteros y en sitios más fríos los diplópodos y quilópodos.

1.3 Fauna del suelo

La fauna del suelo juega un papel importante en el suelo ya que existe una relación estrecha entre la fauna del suelo, los microorganismos y el clima. Esta relación se debe a que la fauna y los microorganismos trabajan juntos para la descomposición y mineralización de la materia orgánica, mientras que el clima actúa directamente en su actividad y eficiencia (Cassani *et al.*, 2021).

Entre las funciones que realizan se encuentran la fertilización, la conservación y la descomposición de materia orgánica en el suelo. Aquí se encuentran los organismos que son visibles a simple vista, los cuales se clasifican según el diámetro, abarcando sus diferentes categorías entre ellas tenemos la microfauna, mesofauna y macrofauna (Gongalsky, 2021).

Cada una de las categorías antes mencionada realizan funciones diferentes en la dinámica del suelo, contribuyendo de una manera positiva a la formación y el mantenimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas (Brito *et al.*, 2015).

Existen diferentes sistemas de clasificación de la fauna edáfica.

Según Swift *et al.* (2012), esta se clasifica por su tamaño, destacando principalmente los microorganismos y macroorganismos, como observamos en la **Tabla 1**.

Tabla 1. Clasificación de la fauna edáfica.

Clasificación	Categoría	Tamaño	Organismos del suelo
Microorganismos	Microflora	< 5 μm	Bacterias y Hongos
	Microfauna	< 100 μm	Protozoarios y nematodos
Macroorganismos	Mesofauna	100 μm - 2 μm	Gusanos de primavera y ácaros
	Macrofauna	2-20 mm	Lombrices, milpiés, escarabajos, caracoles y babosas.

Fuente: (Cabrera, 2012).

Cuando hablamos de microorganismos, es importante mencionar que algunos de ellos pueden ser patógenos para las plantas, mientras que los organismos antagonistas ayudan a controlar a estos patógenos; para poder entender la actividad microbiana que influye en la agricultura es necesario realizar estudios del suelo, ya que estos microorganismos participan en procesos esenciales como la formación y degradación de la materia orgánica y como bioindicadores nos permite diagnosticar la calidad actual del suelo (Soria, 2016).

Investigaciones previas han demostrado que el uso de microorganismos benéficos tiene un impacto positivamente en los sistemas agrícolas. Ayan *et al.* (2021) realizaron una investigación sobre los microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático centrándose en la búsqueda de estrategias que permitan lograr sistemas productivos sostenibles y adaptativos, siendo este tema muy importante ya que existen microorganismos que no son tan resistentes a los cambios climáticos.

En los macroorganismos encontramos a los organismos del suelo que se pueden observar a simple vista, siendo generalmente mayores de 2mm, estos son importante en el ecosistema del suelo ya que mejoran su calidad, Wu and Wang, (2019) destaca la importancia de saber que cambios le afectan a estos macroorganismos, en el caso de la mesofauna esta es sensible a los factores climáticos mientras que la macrofauna se ve influenciada por el cambio de las propiedades del suelo y por el tipo de vegetación.

1.4 Clasificación de la fauna edáfica

La fauna edáfica puede ser clasificada en las siguientes categorías:

1.4.1 *Microfauna*

La microfauna está compuesta por organismos que tienen un tamaño menor a 1mm de diámetro, entre los cuales se encuentran los nematodos, protozoos y rotíferos, González *et al.*, (2021) realizaron un estudio en Colombia implementando 18 modelos agroecológicos para observar las variaciones de microfauna antes de cultivar y un año después de la implementación de los cultivos, resultando un incremento de los organismos antes mencionados solo en 10 modelos agroecológicos.

1.4.2 *Mesofauna*

Freire *et al.*, (2015) menciona que la mesofauna edáfica incluye organismo de dimensiones de 1 hasta 2 mm, los cuales realizan procesos como la mineralización de fósforo y nitrógeno, así como el reciclaje de nutrientes. Aquí encontramos grupos importantes para la estabilidad y fertilidad del suelo, es decir, como bioindicadores entre ellos tenemos a los ácaros (Acari) y colémbolos (Collembola), aunque también se incluyen a más grupos como los proturos (Protura), socópteros (Psocóptera) y tisanópteros (Thysanoptera), estos presentan hábitos alimenticios diversos ya que estos pueden ser herbívoros, fungívoros, detritívoros y depredadores (Socarrás, 2013).

1.4.3 *Macrofauna*

Estos organismos necesitan altos requerimientos nutricionales y de espacio, por lo tanto, estos se ven afectados por las estaciones del año y por el uso de la tierra en su entorno. Si se lleva a cabo un mal manejo del suelo, las propiedades físicas, químicas van a disminuir y, por ende, la diversidad de la macrofauna también se reducirá (Kataka *et al.*, 2023).

La macrofauna interviene en procesos como la captura de carbono, la descomposición de la materia orgánica, la mineralización, la retención de agua, la liberación de nutrientes, entre otros. La macrofauna está compuesta por invertebrados visibles que viven dentro del suelo o en la superficie midiendo más de 2 mm de diámetro (Bautista, *et al.*, 2018).

En la **Tabla 2.** se presenta la clasificación detallada de la macrofauna del suelo según su grupo taxonómico y grupo funcional. Esta clasificación es importante para comprender la diversidad de organismos que habitan en el suelo y las funciones que realizan.

Tabla 2. Clasificación de la Macrofauna edáfica.

Nombre Común	Grupo Taxonómico	Grupo Funcional
Lombrices de tierra	Orden: Haplotaxida Familia: <i>Megascolecidae</i> Especie: <i>polyheretima, Onychochaeta elegans</i>	Detritívoros e Ingenieros del suelo.
Babosas y caracoles	Familia: <i>Subulinidae</i> Especie: <i>Subulina octona</i>	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Orden: Isópoda Familia: <i>Trachelipidae</i>	Detritívoros
Milpiés	Clase: Diplópodo	Detritívoros
Ciempiés	Clase: Chilopoda	Depredadores
Arañas	Orden: Araneae	Depredadores
Arañas patonas	Orden: Opiliones	Depredadores
Falsos Escorpiones	Orden: Pseudoscorpionida	Depredadores
Cucarachas	Clase: Insecta Orden: Dictyoptera	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	Clase: Insecta Orden: Coleoptera	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	Clase: Insecta Orden: dermaptera	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	Clase: Insecta Orden: Díptera	Detritívoros Depredadores
Chinches y salta hojas	Clase: Insecta Orden: Hemiptera	Herbívoros
Hormigas	Clase: Insecta Orden: Hymenoptera	Omnívoros Depredadores Ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	Clase: Insecta Orden: Isóptera	Detritívoros Ingenieros del suelo
Mariposas y orugas	Clase: Insecta Orden: Lepidóptera	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Clase: Insecta Orden: Orthoptera	Herbívoros

Fuente: (Cabrera, 2012)

Lagos *et al.*, (2020) indican que la macrofauna presenta una mayor diversidad en los bosques, destacando a órdenes como los: Hymenoptera y Coleóptera, encontrando diferencia significativa entre los municipios estudiados que tenían cultivado café, Suárez *et al.*, (2015) llega a la conclusión de que esto se debe por los microclimas presente en cada sistemas y también por el manejo diferencial que se le aplica a los cultivo de cada localidad.

1.5 Características morfológicas y funcionales de los organismos del suelo

En este acápite se describirá las características, el tipo de alimentación, donde habitan y las funciones que realizan; de los grupos principales organismos.

1.5.1 *Lombrices de tierra*

Según Chi *et al.*, (2020) las lombrices de tierra son los organismos más estudiados en la macrofauna del suelo, ya que existe una mayor abundancia de estos. Son los denominados ingenieros del suelo, siendo su función principal la transformación de las propiedades físicas del suelo, contribuyendo a la porosidad, regulación de la compactación y las condiciones hídricas.

Phillips *et al.*, (2019) encontraron que durante la época lluviosa se registra la mayor cantidad de lombrices, esto debido a la humedad del suelo, ya que les proporciona un ambiente ideal para su supervivencia y reproducción. El estudio también nos ofrece información valiosa sobre el cambio de climático y como afecta a estos organismos, destacando que las variaciones en los patrones de precipitación y temperatura influye significativamente en la distribución y actividades que realizan las lombrices en el suelo.

Existen diferentes grupos dependiendo del lugar donde habitan y su alimentación entre ellas tenemos:

Lombrices epigeas: Estas lombrices la encontramos en la superficie del suelo o también dentro de las capas de los vegetales, ya que ellos se alimentan de las partes de las plantas. Entre las especies de este grupo que tiende a ser de color rosado, rosado azulado y con bandas anaranjadas o amarillas; se encuentran la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), la lombriz común (*Lumbricus terrestris*), la lombriz de tierra (*Aporrectodea spp*) y la lombriz rayada (*Lumbricus rubellus*). Estas lombrices son pequeñas y no suelen formar madrigueras (Feijoo *et al.*, 2020).

Lombrices endogeas y anécicas: Estas lombrices son fundamentales para la salud del suelo cumpliendo funciones específicas que contribuyen al acondicionamiento y la estructura del suelo ayudando a mejorar la aireación, drenaje y formación de canales. Las lombrices endogeas realizan galerías horizontales y habitan generalmente en los primeros 50 cm de suelo teniendo poca pigmentación mientras que las anécicas forman galerías vertical de hasta dos metros de profundidad, son bien pigmentadas tiene un gran tamaño y se alimentan de restos de plantas y suelo (Mestanza and Zorogastúa, 2019).

1.5.2 Miriápodos

Según Germán and Magaña (2011), los miriápodos son artrópodos y se caracterizan por ser detritívoros incluyendo también especies carnívoras y depredadoras como los:

Milpiés: Estos son artrópodos que se caracterizan por tener su cuerpo cilíndricos y segmentados, conocidos como milpiés por sus múltiples patas. Su coloración varía generalmente entre negro y gris. Son detritívoros netamente, ya que se alimentan de la materia orgánica en descomposición ayudando a la disminución de los restos de vegetales (Doménech *et al.*, 2023).

Ciempíes: Son carnívoros y depredadores, tienen un cuerpo segmentado y alargado, cuenta con un par de patas por cada segmento. Se caracterizan por sus antenas prominentes y por su rapidez y agilidad, estos se pueden encontrar en ambientes húmedos y secos. Una investigación en ambientes saproxílicos por Cabanillas (2020) proporciona una información adicional sobre su presencia y comportamiento en estos hábitats en específicos.

1.5.3 Arañas

Su cuerpo es dividido en dos regiones, todos los arácnidos poseen cuatro pares de patas. Habitan en la hojarasca y las grietas de la superficie del suelo, bajo piedras y cortezas de troncos, y pueden vivir en los nidos de termitas y hormigas, sobre todo los falsos escorpiones. Son depredadoras, se alimentan de los insectos como los escarabajos, termitas, cochinitas, larvas de moscas entre otros. Su función principal es la regulación de poblaciones de insectos (Baloriani *et al.*, 2010).

1.5.4 Babosas y caracoles

Las babosas y los caracoles prefieren hábitat que tengan una humedad adecuada para llevar a cabo sus procesos necesarios, como la reproducción y locomoción. Residen entre las hojarascas, donde se alimentan de materia orgánica no viva tanto de origen vegetal y animal, son detritívoros. Aunque las babosas pueden causar daño a los cultivos, es decir, consumen material vegetal vivo. Los caracoles son carnívoros y depredadores alimentándose de otros invertebrados presentes en el suelo (Lang *et al.*, 2011).

1.5.5 Escarabajos

Estos invertebrados pertenecen al orden Coleóptera son importantes en el ecosistema terrestre. Se alimentan tanto de materia orgánica y de otros invertebrados también contribuyen en el ciclo de nutrientes en el suelo, son depredadores y gracias a esta función

ayuda a mantener el equilibrio de las poblaciones de otros organismos. Algunas de las familias que más son conocidas son: *Elateridae*, *Scarabaeidae*, *Curculionidae* y *Chrysomelidae* siendo herbívoras y generalmente se alimenta de los tallos, hojas y raíces (Campos, 2017).

1.6 Grupos Funcionales de la macrofauna del suelo

Según Zambrano (2021), la macrofauna se compone de diversos grupos funcionales, entre ellos encontramos los detritívoros, los herbívoros, depredadores y los ingenieros del suelo.

1.6.1 Detritívoros

En los detritívoros, existe un amplio grupo taxonómicos que incluyen a los Isópoda, Coleóptera, Diplópodo, Isóptera, Oligochaeta, entre otros. Estos invertebrados son los encargados de la descomposición física y química presente en el suelo, siendo organismos epigeos, porque viven y se alimentan específicamente de los residuos que se encuentran en las hojarascas. La importancia de los detritívoros es la capacidad de transformar la materia orgánica en diferentes formas que son utilizables para otros organismos (Giraldo and Chará, 2022).

Las condiciones edafoclimáticas como el clima, la humedad, la textura y las propiedades físicas del suelo juegan un papel importante. Por ende, si existe alteraciones repentinas en estas características, los organismos tienden a desaparecer. Los detritívoros dependen principalmente del agua en el suelo porque les facilita su reproducción, su movilidad y respiración (Cabrera, 2014).

1.6.2 Herbívoros

Los herbívoros son organismos que se alimentan principalmente de la parte viva de la planta, estos pueden vivir tanto en la superficie como dentro del suelo desempeñando un papel importante en los medios que habitan ya que influyen directamente sobre el ecosistema del suelo. Además, contribuyen con varios procesos biológicos como al ciclo de nutrientes e influyendo de manera directa con el proceso de descomposición de la materia orgánica. Los herbívoros suelen incluir una variedad de insectos y otros invertebrados con una longitud mayor a 2mm (Martínez, 2022).

1.6.3 Depredadores

En este grupo funcional encontramos a las arañas, abejas, ciempiés, ácaros, entre otros. Se los denomina depredadores porque se alimentan de otros organismos vivos más pequeños como los invertebrados, insectos y otros microorganismos presentes en el suelo. La presencia de estos organismos es importante para la regulación de las poblaciones de otros invertebrados, controlando así a los herbívoros y detritívoros manteniendo un equilibrio en el ecosistema del suelo (Marín and Feijoo, 2007).

1.6.4 Ingenieros del suelo

Estos invertebrados se encuentran mayormente en el interior del suelo, siendo los responsables de algunos procesos como la oxigenación, formación de poros e infiltración de agua lo cual ayuda a la fertilidad del suelo facilitando la proporción de nutrientes disponibles para las plantas y otros organismos, algunos de ellos son las termitas, hormigas y las lombrices de tierra (Pinzón *et al.*, 2015).

1.7 Macrofauna como bioindicador de la calidad del suelo

La macrofauna como bioindicador biológico nos permite de manera más rápida evaluar y observar en qué condiciones se encuentra el suelo que se está estudiando. Se monitorea la macrofauna, ya que así nos proporcionará información sobre la estructura del suelo y su biodiversidad, si existen cambios en estos, se puede decir que hay alteraciones en las propiedades del suelo (Cabrera, 2012).

La macrofauna edáfica puede afectar la productividad del ecosistema de manera positiva o negativa, dependiendo de los organismos que se sitúan en el lugar. Los organismos beneficiosos para el suelo son las lombrices, hormigas y las termitas ya que contribuyen positivamente a la estructura y función del suelo. Ciertos organismos que son considerados plagas y que tienen un efecto negativo en las plantas son las larvas de escarabajos, lepidópteros y caracoles fitófagos porque estos disminuyen la biomasa del área y las raíces, complicándole el crecimiento y la absorción de nutrientes a las plantas (Castillo *et al.*, 2023).

El estudio de Serra *et al.*, (2021) sobre la recuperación de la macrofauna del suelo en bosques en regeneración de la Amazonía indica que, con el tiempo, la macrofauna del suelo si puede aumentar en abundancia y diversidad. En los primeros 10 años de regeneración de los bosques de este estudio, se observó una recuperación notable de la macrofauna, con un incremento en varios grupos funcionales como los depredadores y los detritívoros.

1.8 Índices de biodiversidad de los organismos del suelo

1.8.1 Índice de Shannon

El índice Shannon-Weaver o también conocido como la entropía de Shannon es uno de lo más utilizados para cuantificar la biodiversidad. Refleja la heterogeneidad de una comunidad calculando sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Caicedo Rosero *et al.*, 2017).

El índice de Shannon-Wiener no solo considera el número de especies, sino también su representación, es decir, cuantos individuos tiene por especie. Este índice mide la diversidad de esta forma:

$$H = \sum_{i=1}^s p_i * \ln (p_i)$$

Soler *et al.*, (2012) explica el significado de la fórmula mencionada anteriormente de la siguiente manera: Donde el valor de H se encuentra acotado entre 0 y $\ln (s)$, tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad.

1.8.2 Índice de Simpson

Determina la probabilidad de que dos individuos elegidos aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie. El índice Simpson se calcula con la siguiente fórmula:

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

Este índice de Simpson varía entre 0 y 1, donde 0 denota una máxima diversidad y 1 indica mínima diversidad. Valores más alto indican una comunidad menos diversa, representando la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie (Valdez *et al.*, 2018).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización del área

El presente proyecto se desarrolló en el Centro de Apoyo Manglaralto, perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), ubicada en la parroquia Manglaralto del cantón Santa Elena, entre la ruta del Spondylus y la vía a Dos Mangas, con las coordenadas geográficas 01°50'32" latitud Sur, 80°44'22" longitud Oeste, a una altura de 12 msnm.

El clima de esta región se caracteriza por ser tropical seco y está clasificado como Aw según la clasificación de Köppen-Geiger, su temperatura media anual es de 23.1°C teniendo aproximadamente 795 mm de precipitaciones al año, dando como resultado que en el mes de febrero se registra mayor cantidad de precipitaciones con un promedio de 161mm siendo el mes más lluvioso mientras que el mes de agosto las precipitaciones disminuyen significativamente siendo solo 15mm lo que hace que este mes se caracterice por ser muy seco o árido. Centrándose en la temperatura el mes de marzo presenta la más alta alcanzando una temperatura media de hasta 25.3°C, mientras que en agosto se registran unas temperaturas más bajas (21.5°C). Así como observamos en la **Figura 1**.

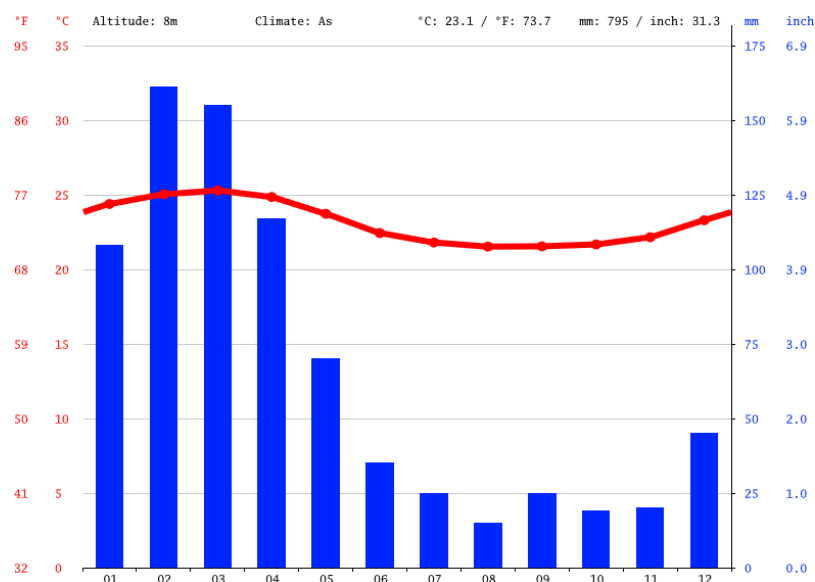


Figura 1. Climograma de Manglaralto mostrando las precipitaciones (mm) y temperaturas medias mensuales (°C).

La recolección de la macrofauna se identificó como MON 1-6 en cultivo de ciclo corto y en bosque seco tropical MON 1-8, en la (**Figura 2**) se encuentra la distribución de los puntos.



Figura 2. Ubicación de los diferentes puntos donde se realizó la respectiva recolección de macrofauna.

2.2 Materiales, equipos y reactivos

2.2.1 Material de campo para colecta de muestras

Para el muestreo se necesitaron diversos materiales tanto para la captura y almacenamiento como son: kit entomológico esto abarca algunas herramientas para la captura de los insectos, bandeja plástica; para clasificar los organismos encontrados, pala, barreta; estos se utilizaron para retirar el suelo por estratos, machete; para despejar el área que se va a muestrear, frascos herméticos, aspiradoras artesanales; estos sirvieron para colocar los organismos del suelo encontrados.

2.2.2 Material de laboratorio

Para el laboratorio se utilizaron algunos materiales, entre las cuales están mascarilla y bata, siendo estos muy necesario cuando se manejaron los reactivos, para la conservación de los organismos del suelo se utilizó dos reactivos químicos que son: Alcohol al 70% y Formol 35%.

2.2.3 Equipos de laboratorio

Se utilizó Estereoscopio MOTIC LED, SMZ-171 TLED; para la identificación de los organismos encontrados y por último la Computadora; para el ordenamiento de datos obtenidos.

2.2.4 Libros y colecciones

Este Libro R, Catálogo Taxonomía de invertebrados, se utilizó para la identificación de la macrofauna, siendo esta indispensable para las personas que necesitan identificar los invertebrados, ya que ofrece una guía detallada sobre la taxonomía, facilitando la correcta clasificación.

2.2.5 Software

En el procesamiento de datos se realizaron con los siguientes software, se utilizó R Studio V 2023.06.1+524 y R versión 4.3.1 (R Core Team, 2023) para calcular los índices de rango/abundancia, también se utilizó QGIS 3.28 LTR para la representación espacial de los puntos del lugar muestreado y por último el software Motic images plus 3.0 que se utilizó para capturar las imágenes de la macrofauna encontrada.

2.3 Diseño de investigación

2.3.1 Tipo de investigación

Consiste en un estudio de biodiversidad que se clasifica como investigación no experimental, con una prueba de varianza no paramétrica que busca relacionar los organismos y el entorno, incluyendo las variables ambientales. Para la ubicación del sitio se tienen en cuenta: la cuenca hidrográfica, clima y tipo de vegetación.

2.3.2 Esquema de muestreo aleatorio estratificado

Con este tipo de muestreo se pudieron distinguir subgrupos y subpoblaciones de manera más efectiva, disminuyendo la posibilidad de que existan zonas sin muestreo según Otzen and Manterola (2017).

2.3.3 Descripción de variables

Las variables que se estudió en este proyecto fueron las siguientes:

Número de individuo: Se refiere a la cantidad total de especies presentes en el área de estudio, este dato nos permitirá identificar tendencias en el crecimiento o decrecimiento de la población comprendiendo mejor la dinámica poblacional del suelo.

Densidad: Es la cantidad de individuos por unidad de área (ind.m^{-2}), esta variable es fundamental para analizar la distribución de una población y el impacto que causa en el ecosistema.

Riqueza: Se refiere a la sumatoria de las familias presentes en cada uso de tierra bosque seco tropical y cultivo de ciclo corto.

2.4 Manejo del experimento

Para llevar a cabo este experimento se detalló todo el procedimiento que se realizó desde la selección del sitio, la identificación de los organismos y el procesamiento de datos:

2.4.1 Sitios de muestreo

El objetivo de este estudio fue realizar un muestreo en dos usos de tierra: bosque seco tropical y en los siguientes cultivos de ciclo corto: maíz, rábano, pimiento y sandía en el centro de apoyo Manglaralto para obtener los índices de biodiversidad de la macrofauna que existe en el lugar.

Se realizó un recorrido en el área destinada para el muestreo, en este caso se incluyó un área de cultivos de ciclo corto y un área conservada en el centro de apoyo Manglaralto.

Para la recolección de la macrofauna se siguió la metodología de Tropic Soil Biology and Fertility (TSBF), mediante el estudio de monolitos. La unidad de muestreo tuvo dimensiones de 25 x 30 cm con una profundidad de 0-20 cm en dos usos de tierra: en bosque se recogió muestras de 8 monolitos y ciclo corto 6 monolitos (Cabrera, 2019).

Todos los organismos que se extrajeron fueron recolectados con pinzas y aspiradoras artesanales.

2.4.2 Procesamiento de muestra

Manejo de los invertebrados en el laboratorio

Después de realizar el muestreo, se llevaron todas las muestras de macrofauna encontrada al laboratorio para limpiarlas y lavarlas cuidadosamente. Después se hizo un conteo manual para distribuir a los organismos en diferentes frascos herméticos para su conservación. Las lombrices se colocaron en frascos con formaldehído al 4%, mientras que el resto de los organismos se colocaron en alcohol al 70 %, se le agregó una etiqueta en la cual se describe la profundidad de extracción del lugar de colecta y el monolito al que corresponde.

Identificación de los organismos del suelo y procesamiento de imagen

La identificación de la macrofauna se hizo a nivel de familia y a que grupos funcional pertenecen. Después de la identificación, se tomaron las fotos de cada organismo con ayuda

del software Motic Images Plus 3.0 para obtener una imagen de alta calidad. Luego se procedió a realizar el inventario de la fauna edáfica extraída en el lugar de estudio.

Tabla 3. Matriz para el inventario de la macrofauna extraída en el centro de apoyo Manglaralto.

ORGANISMOS DE LA MACROFAUNA	SISTEMA 1		SISTEMA 2	
	Bosque seco tropical		Cultivo de ciclo corto	
	No. De tipos de organismos	No de individuos por tipo	No. De tipos de organismos	No de individuos por tipo
Caracoles				
Cochinillas				
Cucarachas				
Escarabajos				
Milpiés				
Lombrices				
Termitas				
Total de detritívoros				
Cucarachas				
Hormigas				
Total de Omnívoros				
Escarabajos				
Chinches y salta montes				
Orugas				
Total de herbívoros				
Caracoles				
Escarabajos				
Arañas				
Ciempis				
Total de depredadores				
Otros organismos no identificados				
TOTAL DE LA MACROFAUNA				

Análisis de las relaciones entre las propiedades biológicas y las características químicas y físicas

Se obtuvo la matriz de correlación de rangos de Spearman Rho entre los índices de biodiversidad y variables edáficas resultantes del análisis del suelo. La fuerza de la correlación puede interpretarse entre un rango de 0 (No hay correlación) hasta 1 (Correlación muy alta)

Cálculo de los índices de diversidad

Se realizó con la ayuda del programa R el cálculo de los índices de diversidad por cada uso de tierra en este caso se interpretaron el índice de Shannon, Simpson, Riqueza e Igualdad.

Índice de Shannon (H)

Este índice mide la diversidad de esta forma:

$$H = \sum_{i=1}^s p_i * \ln (p_i)$$

En donde:

p_i = proporción de especies.

S= número de especies (riqueza de especies).

ln = Logaritmo natural.

Índice de Simpson (D)

El índice Simpson se calcula con la siguiente formula:

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

En donde:

$$N(N-1)$$

D_s = Diversidad de Simpson.

n = Número de individuos de la especie.

N = Total de individuos.

Índice de Riqueza (S)

La riqueza se calcula de la siguiente manera:

$$D = \frac{1}{S-1}$$

$$\ln (N)$$

Donde:

S: número total de especies

N: número total de individuos de todas las especies

Índice de Igualdad (J)

Tiene un rango entre 0 y 1. El valor es 0, cuando existe dominancia total de una especie, y 1 cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.

La igualdad se calcula de la siguiente manera:

$$J' = H' / \ln S$$

Donde:

H': Índice de diversidad Shannon

S: número de especies

2.5 Análisis estadístico de los resultados

El análisis de varianza Kruskal-Wallis es una prueba no paramétrica que se utiliza para comparar las medianas de tres o más grupos independiente. En este estudio se aplicó el test kruskal Wallis para determinar si existe diferencias significativas entre más de dos grupos funcionales de la macrofauna edáfica comparando más de dos muestras (Amat, 2016).

Se construyeron diagramas de cajas para reflejar las posibles diferencias entre los usos de tierra y entre los grupos funcionales. Estos diagramas mostraron el 50 % el IQR (cuartiles Q3-Q1), y los valores máximos y mínimos.

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el paquete Stats de (R Core Team, 2023). Para el procesamiento de la curva rango/abundancia, índices de diversidad y otros indicadores, se emplearon los paquetes BiodiversityR (Tapia, 2019) y Vegan (Oksanen *et al.*, 2022). Para evaluar el impacto, manejo y calidad del suelo en los usos estudiados, se aplicó el indicador biológico Detritívoros/No Detritívoros, el cual se observó a través de un gráfico con las proporciones de las abundancias de dichos grupos (Dávila *et al.*, 2022).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Zonificación de las áreas de estudio

En el estudio de Dávila *et al.* (2022) se describe la vegetación y los cultivos presentes en las áreas donde se realizó el muestreo de macrofauna, en el bosque seco tropical regenerado (BSTr) el cual se encontraba en un proceso de regeneración natural tras 30 años sin actividades antrópicas; entre las especies identificadas en esta zona se encontró caimito (*Chrysophyllum cainito L.*), leucaena (*Leucaena leucocephala (Lam.) De Wit*), muyuyo (*Cordia lutea L.*) y guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus (Jacq.) S. Grose*).

El estudio de Serra *et al.*, (2021) hace hincapié sobre la recuperación de la macrofauna del suelo en bosques en regeneración de la Amazonía indicando que, con el tiempo, si puede haber un aumento en la abundancia y diversidad; en este caso en los primeros 10 años ellos observaron una recuperación notable de la macrofauna, con un incremento en varios grupos funcionales como los depredadores y los detritívoros.

Autores como Ramírez Huila *et al.* (2022), Powers (2019) estudian el manejo, la dinámica y la estructura de los bosques secos tropical, caracterizados por tener una alta presencia de especies caducifolias, que pierden sus hojas en la estación seca, estos bosques se encuentran ampliamente distribuidos en los trópicos, siendo esenciales para muchos organismos y servicios ecosistémicos

En cultivo ciclo corto (CCC) se encontró sandía (*Citrullus lanatus (Thunb.) Matsum. & Nakai*), pimiento (*Capsicum annum*), rábano (*Raphanus sativus*) y maíz (*Zea mays*), los cuales contaban con un sistema de riego por goteo y con aplicación de fertilizantes, el suelo estaba cubierto por una fina capa de hojarasca, bordeado por árboles como pechiche (*Vitex cymosa Bertero ex Spreng*), cedro (*Cedrela odorata L.*), laurel (*Laurus nobilis L.*) (Pozo Quiroz, 2020).

3.2 Análisis de las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos

En la **Tabla 4.** Se observan las características de las propiedades de los suelos encontradas en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Tabla 4. Análisis estadístico de las variables en estudio representados por cada grupo

Uso	V	N	Medi a	Median a	Ds	DIQ	Mínim o	Máxim o	Q25.25 %	Q75.75 %
BSTr	pH	8	7	7	0,52	0,5	5,8	7,6	6,30	6,80
BSTr	NH4	8	18	20	6	3	6	25	18,25	21,00
BSTr	P	8	67	59	29	21	34	127	51,00	71,50

BSTr	MO	8	3	3	0,92	0,5	1	4,1	3,00	3,50
BSTr	RCa_Mg	8	5	4	2	0,77	3,56	11,05	4,15	4,92
BSTr	RMg_K	8	1	1	0,32	0,14	1,01	2,06	1,18	1,32
BSTr	RCaMg_									
BSTr	K	8	8	7	3	1	5,54	14,49	6,59	7,92
BSTr	N_T	8	0,33	0,33	0,06	0,09	0,21	0,39	0,30	0,39
BSTr	Na	8	0,92	0,965	0,33	0,28	0,23	1,33	0,82	1,10
BSTr	K	8	13	16	6	5	2,29	17,16	11,48	16,74
BSTr	Ca	8	30	30	4	3	20,74	34,55	29,04	31,76
BSTr	Mg	8	6	7	2	1	1,25	7,09	5,88	6,89
BSTr	Suma	8	50	54	10	6	25	57	49,44	55,00
BSTr	CIC	8	52	55	10	4	28	60	52,00	56,00
BSTr	H	8	1	1	0,45	0,60	0,66	2,01	1,23	1,84
BSTr	D	8	0,67	0,7	0,17	0,14	0,31	0,84	0,63	0,77
BSTr	S	8	7	6	3	5	3	11	4,00	9,00
BSTr	J	8	0,81	0,86	0,19	0,24	0,48	1	0,72	0,96
BSTr	Det	8	172	152	107	132	16	336	108,00	240,00
BSTr	Dep	8	72	56	53	36	16	176	44,00	80,00
BSTr	Herb	8	22	8	33	32	0	96	0,00	32,00
BSTr	Omn	8	12	8	14	20	0	32	0,00	20,00
CCC	pH	6	7	7	0,42	0,57	6,7	7,8	7,00	7,58
CCC	NH4	6	15	16	7	5	5	25	11,75	17,00
CCC	P	6	73	43	71	20	32	215	39,25	58,75
CCC	MO	6	2	3	1	0,85	0,9	4,1	1,95	2,80
CCC	RCa_Mg	6	3	3	0,55	0,31	3,09	4,54	3,16	3,47
CCC	RMg_K	6	3	3	0,97	0,77	1,93	4,68	2,36	3,12
CCC	RCaMg_									
CCC	K	6	13	11	5	6	8,15	19,39	10,48	16,28
CCC	N_T	6	0,29	0,3	0,05	0,02	0,21	0,36	0,28	0,30
CCC	Na	6	2	2	0,41	0,59	1,12	2,1	1,23	1,82
CCC	K	6	6	5	3	1	3,62	12,94	4,51	5,67
CCC	Ca	6	31	31	2	3	28,52	34,24	28,98	32,24
CCC	Mg	6	8	7	2	2	5,58	10,08	6,61	8,49
CCC	Suma	6	47	46	5	5	42	55	43,25	47,75
CCC	CIC	6	52	52	3	4	50	56	50,00	54,00
CCC	H	6	1	1	0,57	0,82	0,27	1,68	0,65	1,48
CCC	D	6	0,54	0,61	0,26	0,26	0,09	0,79	0,46	0,72
CCC	S	6	5	6	2	3	2	7	2,75	6,00
CCC	J	6	0,79	0,91	0,32	0,09	0,14	1	0,85	0,94
CCC	Det	6	48	32	61	56	0	160	4,00	60,00
CCC	Dep	6	45	48	34	56	0	80	20,00	76,00
CCC	Herb	6	8	8	9	16	0	16	0,00	16,00
CCC	Omn	6	352	24	815	40	0	2016	4,00	44,00

Se llevó a cabo un análisis comparativo entre los dos usos de tierra BSTr y CCC con las propiedades químicas y fisicoquímicas del suelo de los monolitos que se muestrearon. Según Cercado (2021) la calidad del suelo debe evaluarse considerando las propiedades

biológicas, químicas y físicas, es decir, que al momento de interpretar y medir estas propiedades se debe tener en cuenta la tendencias a largo plazo, ya que estos reflejan si el suelo está en proceso de degradación.

En nitrógeno total de BSTR se encontró una mediana de 19.50 con un mínimo y máximo de 6.00 y 25.00, mientras que en CCC es de 15.50 con un mínimo de 5.00 y máximo de 25.00. Estos resultados pueden llegar a ser comparados con los obtenidos por Awoonor *et al.* (2023) ya que ellos recalcan que en bosques se encontrará una mayor retención de nitrógeno debido a la actividad microbiana y materia orgánica presente, mientras que en cultivo depende más de insumos externos para la reposición de nitrógeno.

En BSTR y en CCC se encontró una concentración de fósforo de 66.5 mg/kg y 72.50 mg/kg respectivamente. Según en el estudio de Bargali *et al.* (2015), la concentración de fósforo en la hojarasca mostro ser el doble del valor inicial .Por otro lado, la MO es en BSTR es de 3.30 mientras que en CCC es de 2.46, Castillo *et al.* (2023) obtuvieron resultados similares en un agroecosistema (pastizal).

En el estudio de Santos (2015), citado por Lino *et al.* (2019) se describe que los suelos que predominan en el centro de apoyo Manglarato, presentan una textura franco arcilloso limoso, teniendo un pH de 7.7, similar a los resultados obtenidos en CCC, destacando los niveles de nutrientes en el suelo, indican que el nitrógeno se consideran medio, mientras que P, K, Ca, Mg y S son elevados. Los autores también mencionan la salinidad de los suelos en áreas agrícola señalando que esto también varía dependiendo de la época del año.

En cuanto a la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) se obtuvo una mediana de 55.00 para BSTR y 52.00 para CCC. En términos generales se puede concluir que cuando la CIC es alta, la macrofauna es más abundante debido a la retención de nutrientes, además es fundamental para la materia orgánica y la alimentación de estos organismos (Machado *et al.*, 2021).

Las variables químicas y fisicoquímicas fueron sometidas a un análisis de varianza Kruskal- Wallis para una probabilidad de 95% comprobándose estos resultados con la prueba posthoc Bonferroni, en donde se determinó que el pH (0.023), RCa_Mg (0.009), RMg_K (0.002), RCaMg_K (0.014), Na (0.009) y K (0.028) presentaron diferencias significativas ya que su p. valor fue menor a 0.05, como vemos en la Figura 3.

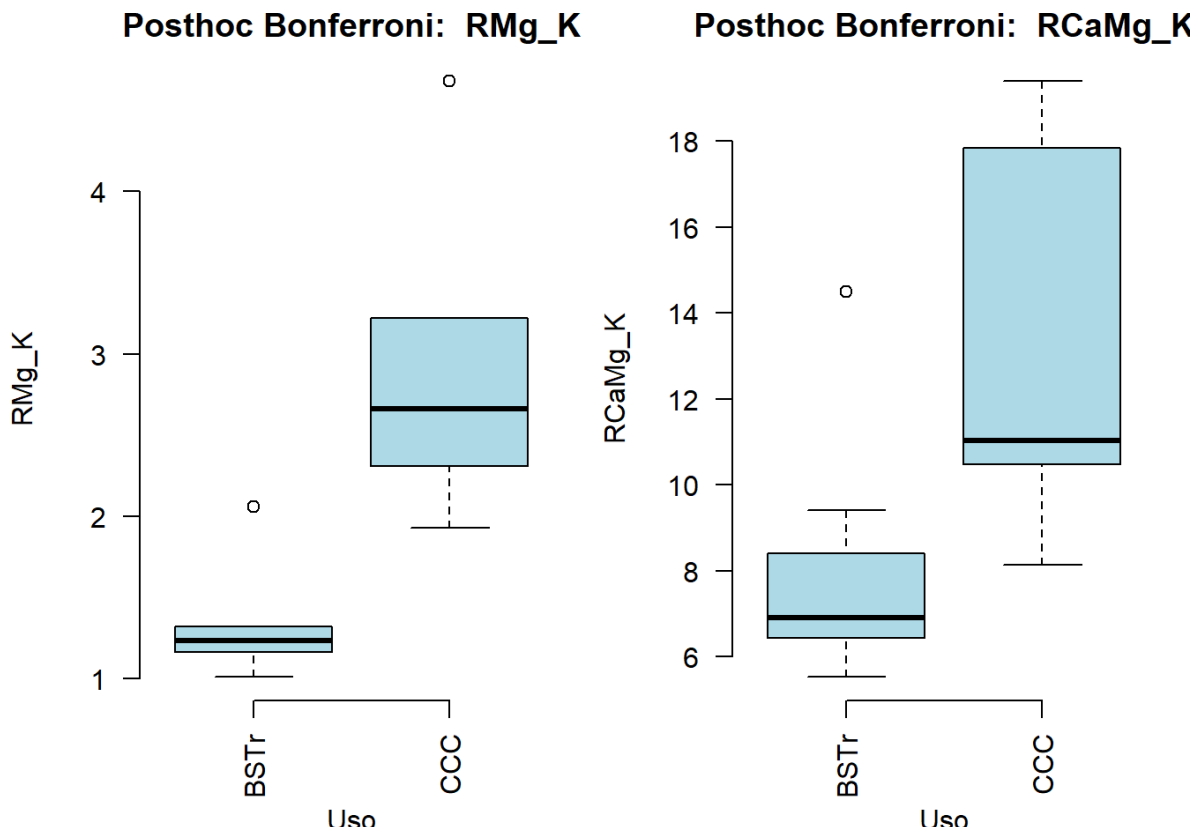


Figura 3. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba de posthoc Bonferroni comparando los dos usos de tierra: BSTR y CCC. A la izquierda encontramos, el gráfico de relación magnesio/potasio y a la derecha, el gráfico de la relación de calcio magnesio/ potasio.

En cultivo de BSTR se calculó una mediana de 6.6 dando como resultado un suelo ligeramente ácido en comparación con el de cultivo de ciclo corto teniendo un pH de 7.3 siendo ligeramente alcalino. Estos resultados son similares a los de Royero (2019) quien encontró valores cercanos a estos en diferentes usos de tierra, aunque no le presentó diferencia estadística. Esto puede deberse a las variaciones de las condiciones locales, el manejo o la viabilidad natural del pH.

En la relación de RCa_Mg contamos con una diferencia significativa ya que el p. valor de este es de 0.09, en el gráfico de Posthoc Bonferroni vemos claramente las diferencias entre los dos usos de tierra ya que en Bosque se obtiene una mediana de 4.44 mientras que en cultivo de ciclo corto obtuvo 3.21.

En el estudio Escobar *et al.* (2017) muestra que, en sus suelos estudiados, la mejor relación de abundancia se encuentra entre el pH, P, Mg, Mn en bosque, mientras que en la abundancia se relaciona mejor con el fósforo (P). Por otro lado, Pareja *et al.* (2011) manifiestan que la relación entre el pH y materia orgánica se puede determinar la abundancia de estos organismos, Figura 4.

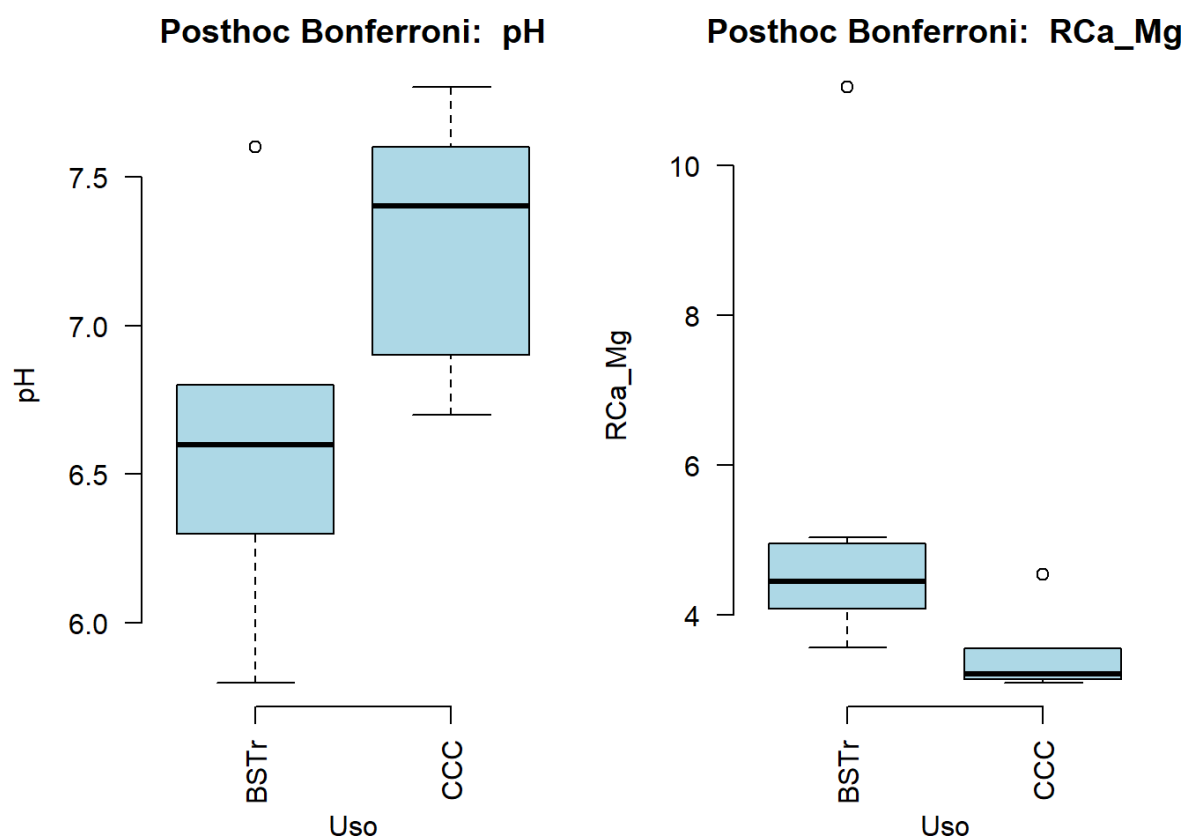


Figura 4. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba de posthoc Bonferroni comparando los dos usos de tierra: BSTR y CCC. A la izquierda encontramos, el gráfico de pH y a la derecha, el gráfico de la relación de calcio/ magnesio.

En las bases intercambiables (Na, K, Mg, Ca) las medias de los dos usos de tierra fueron; en BSTR: Na (0,96), K (16.29), Mg (6.7), Ca (30.23) y en CCC: Na (1.52), K (5.10), Mg (7.3), Ca (31.23). En el estudio de Ayuke *et al.* (2019) se demostraron que la abundancia de macrofauna se ve afectada por los niveles de cationes intercambiables en este caso se trató de un sistema de agricultura de conservación en comparación de un sistema de labranza convencional dando como resultado que la agricultura de conservación tuvo una mayor riqueza y abundancia de fauna en el suelo.

Rosenstock *et al.* (2019) de igual manera determinaron que las concentraciones de estos cationes afectan la actividad biológica, como vemos en la Figura 5.

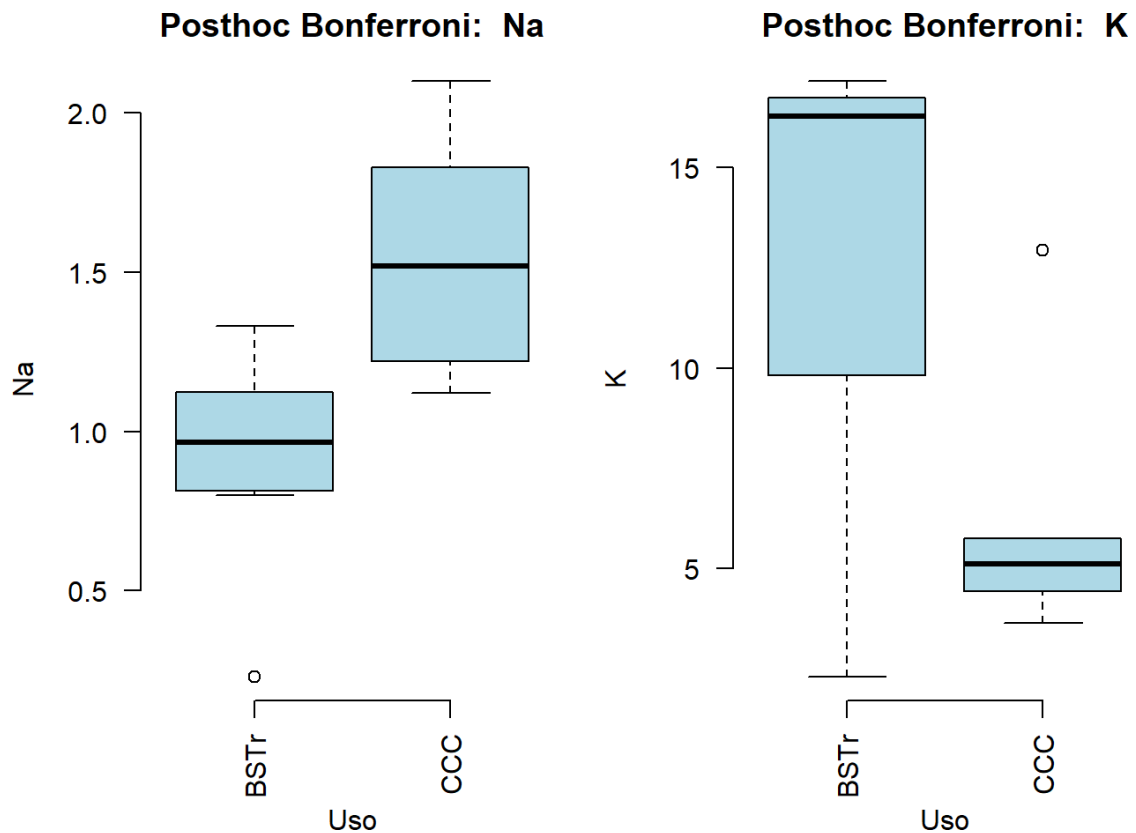


Figura 5. Diagrama de caja (Box plot) con la prueba posthoc de Bonferroni comparando los dos usos: BSTr y CCC. A la izquierda encontramos, el gráfico de Sodio (Na) y a la derecha, el gráfico de Potasio (K).

3.3 Determinación de la biodiversidad de macrofauna edáfica

3.3.1 Cantidad de individuos colectados en los usos de tierra

En la **Figura 6**, se observa la diferencia en el número total de individuos de la macrofauna edáfica entre dos tipos de uso de tierra, en este caso los resultados muestran mayor cantidad de individuos en el uso de tierra CCC (Cultivo de ciclo corto) con un total de 3626,67 ind.m² mientras que en BSTr (Bosque seco tropical) se registró 2 224 ind.m².

En el estudio de Gutiérrez *et al.* (2020) se registraron 11 593 ind.Zm² en un sistema silvopastoril siendo este mayor al convencional en donde solo se hallaron 3 062 ind.m², en otro estudio Hernández *et al.* (2020) dan a conocer que en el sistema pastoril se encontraron 840 ind.m² y en pasturas naturales 367 ind.m². De esta manera se concluye que el mayor cantidad de individuos se van a encontrar en sistemas silvopastoriles..

La dominancia de la familia *Formicidae* (hormigas) en los suelos agrícolas, es abordada en el estudio de Morales *et al.* (2021) quienes mencionan que en el cultivo de maíz en la etapa de post cosecha se encontró una mayor cantidad de hormigas, esta situación podría ser la razón por lo cual en este estudio se encontró un número elevado de individuos en comparación con los suelos de bosque seco tropical.

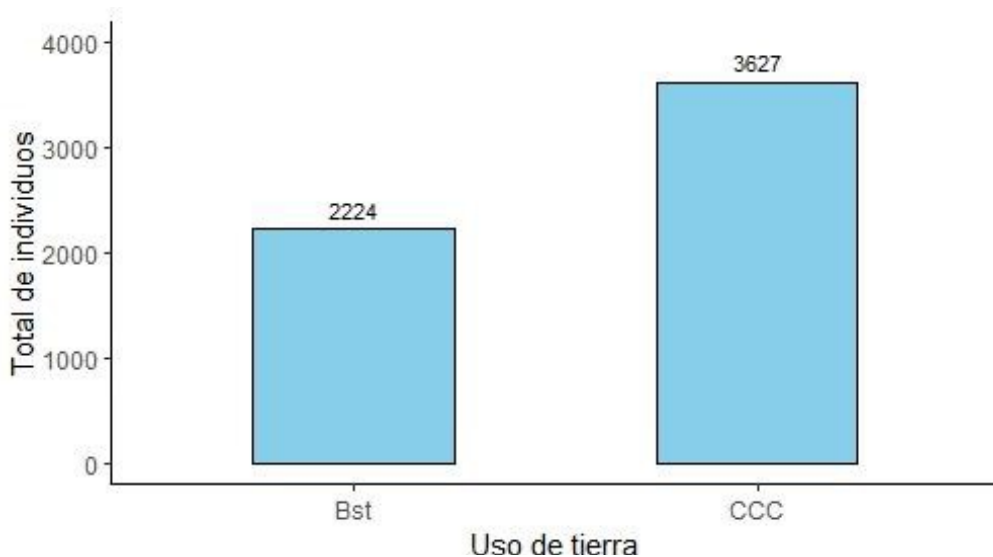


Figura 6. Total de individuos encontrados en cada uso de tierra.

3.3.2 Familia de macrofauna encontradas en el estudio

La riqueza de familias tuvo una mayor abundancia en bosque BStr, con un total de (26 familias) mientras que en cultivo (CCC se identificó 17 familias), las familias que más predominaron en bosque fueron *termitidae* (Termitas), familias de insectos sociales *formicidae* (Hormigas), *porcillionidae* (Cochinillas) y en cultivo en cambio se reportaron a las hormigas como la familia con mayor número de individuos junto con *Paradoxosomatidae* (milpiés) y *Staphylinidae* (escarabajos) como se ve en la **Tabla 5**.

Estudios realizados en termitas Ferreira *et al.*, (2011) destacan los procesos que realizan como son: la formación del suelo, descomposición, humificación, por otro lado, el estudio de Beltrán and Pinzón (2018) dan a conocer a profundidad sobre la composición de los grupos tróficos, teniendo como resultados el mayor número de especie con la familia *termitidae* en plantaciones de pino, Capetillo (2023) señala que las termitas subterráneas, para asegurar su consumo alimenticio, buscan la humedad con el fin de obtener suficiente agua cuando la madera y el suelo estén atravesando la época seca, este comportamiento coincide con los resultados encontrados en el presente estudio, realizado en agosto, un mes

que corresponde a la época seca en la provincia de Santa Elena, hecho que refuerza la importancia de la humedad en la supervivencia de las termitas.

Tabla 5. Familias de macrofauna encontradas en muestras de Bosque y Cultivo.

Nombre común	Grupo Taxonómico (Orden/ familia)	Uso de tierra	
		Bosque (Bst)	Cultivo (CCC)
	<i>Anyphaenidae</i>	16	-
	<i>Aradidae</i>	16	-
	<i>Araneae indeterminada</i>	32	-
	<i>Araneidae</i>	16	-
Arañas	<i>Gnaphosidae</i>	112	42,67
	<i>Clubionidae</i>	16	-
	<i>Corinnidae</i>	96	21,33
	<i>Lycosidae</i>	16	-
	<i>Oonopidae</i>	16	-
	<i>Theraphosidae</i>	16	-
Moscas	<i>Asilidae</i>	-	21,33
	<i>Therevidae</i>	16	-
	<i>Ballophilidae</i>	32	-
Ciempiés	<i>Geophilidae</i>	-	42,67
	<i>Himantariidae</i>	16	-
	<i>Lithobiidae</i>	-	42,67
Cucarachas	<i>Blaberidae</i>	176	21,33
	<i>Blattaria indeterminada</i>	16	-
	<i>Carabidae</i>	-	21,33
	<i>Coleóptera indeterminada</i>	-	-
Escarabajos	<i>Elateridae lv</i>	48	21,33
	<i>Scarabaeidae ad+lv</i>	112	21,33
	<i>Staphylinidae</i>	80	106,67
	<i>Tenebrionidae</i>	32	-
Tijeretas	<i>Carcinophoridae</i>	-	21,33
Gorgojos	<i>Curculionidae lv</i>	-	-
	<i>Cydnidae</i>	32	-
Chinches	<i>Rhyparochromidae</i>	16	21,33
Hormigas	<i>Formicidae</i>	160	2858,67
	<i>Glossoscolecidae</i>	16	-
Lombrices de tierra	<i>Haplotaxida</i>	-	85,33
	<i>Indeterminada</i>		
Mariposas y orugas	<i>Lepidoptera</i>	-	21,33
	<i>indeterminada</i>		
Milpiés	<i>Paradoxosomatidae</i>	-	234,67
Cochinillas	<i>Platyarthridae</i>	16	-
	<i>Porcellionidae</i>	336	-
Caracoles	<i>Subulinidae</i>	-	21,33
Termitas	<i>Termitidae</i>	768	-
TOTAL		2224	3626,67

La diferencia que existe en el número de familias puede relacionarse con la viabilidad de las condiciones ambientales entre los usos de tierra. Aunque en bosque presenta menor cantidad de individuos, generalmente mantiene una mayor diversidad de familias debido a la complejidad estructural del hábitat, mientras que en cultivo la cantidad es mayor, sin embargo, se observan menos familias, debido al propio manejo del cultivo que crea condiciones no naturales, es decir, solo sobreviven las familias que son capaces de adaptarse a las alteraciones del suelo.

3.4 *Análisis de los índices de biodiversidad*

Los índices de Biodiversidad que se obtuvieron en los dos usos de tierra consistieron en índice de Shannon (H), Simpson (D), Riqueza (S), Igualdad (J). En la Figura 7 se muestran los gráficos correspondientes a estos índices, identificados con el literal “a” (Bosque Seco Tropical) y literal “b” (Cultivo de ciclo corto). En el estudio de Villota (2014) se menciona que las áreas de conservación en su zona de estudio, se evaluaron mediante estos mismos índices, teniendo como resultado una mayor diversidad de los macroinvertebrados.

Se observa la estadística no paramétrica de los dos uso de tierra, en BSTr cuenta con un índice H oscila entre 0.31 hasta 1.84 dando como resultado una mediana de 1,36 y un DIQ (0.59), lo que indica que la diversidad es moderada aunque existe cierta viabilidad entre las muestras, con respecto a D cuenta con una mediana de 0.70 y un DIQ (0.14) teniendo los valores de mínimo en 0.31 y máximo de 0.83 respectivamente, para S se determinó que el número de especies por monolitos que varía entre un mínimo de 3 y un máximo de 11 con una mediana de 6, por J muestra que la mayoría de los monolitos tiene una distribución relativamente equilibrada de especies con valores que oscilan entre 0.4 y 1.

Sin embargo, el monolito 7 presenta una menor equitatividad, por lo tanto se podría decir que esa muestra tiene pocas especies que dominan la comunidad (Crespín, 2024).

En CCC el índice H se ubica entre 0.26 hasta 1.67 siendo moderada y reflejando mayor viabilidad ya que el DIQ (0.76) es más alto, en S se observa un mínimo y un máximo de 0.08 y 0.79, el índice J tiene una mediana 0.85 con un mínimo y máximo de 0.13 y 1.

Comparando entre los dos usos de tierra representados en la Figura 5, se observa que literal a. presenta una mayor diversidad según el índice de Shannon con una mediana de 1.5, representando una comunidad con varias especies distribuidas equitativamente, en cambio en el literal b. muestra una menor diversidad con una mediana de 1.0 teniendo menos especies o que se distribuye de una manera menos equitativa. En el índice de Simpson

muestra una menor dominancia de especies en el literal a. mientras que en el b. es al contrario ya que presenta una mayor dominancia de las especies, como en los resultados de Silva *et al.* (2018) que relaciona estos dos índices ya que ambos tienen en cuenta el número total de especies de las muestras.

En cuanto a la riqueza de especies en el literal a. muestra una riqueza constante entre un rango de 4 a 12 especies, mientras que en el literal b. la riqueza es más variable oscilando entre 2 a 20 especies, por último, el índice de igualdad tiene como resultado que, aunque el literal b. tenga un valor alto de equitatividad no significa que sea menos perturbado sino que las condiciones de los cultivos pueden favorecer una distribución más homogénea de las especies resistentes a estas perturbaciones.

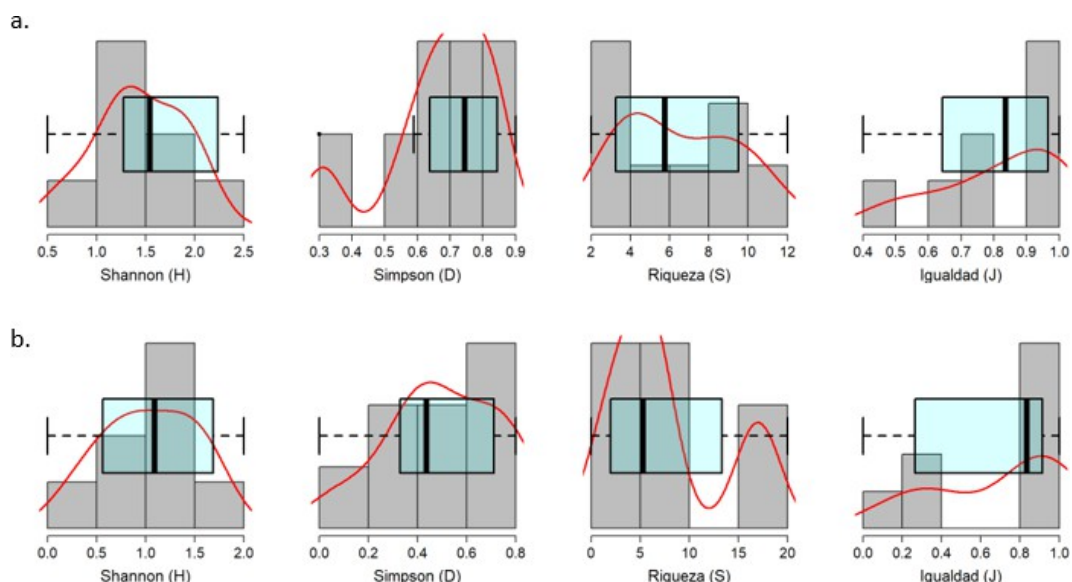


Figura 7. Índices de biodiversidad de la macrofauna (H': índice de Shannon, D: índice de Simpson, S: índice de riqueza, J: índice de igualdad) en BSTr y CCC.

3.5 Curva de Rango abundancia por usos de tierra

A continuación, se describen las familias de macrofauna edáfica según la curva de rango-abundancia presentada en la Figura 8. En el uso de suelo BSTr se observa una mayor diversidad de especie, teniendo una mayor equitatividad en su distribución en este caso las familias más abundante son *Termitidae* con una proporción de 34,5 % seguida de *Porcellionidae* (15,1%), *Blaberidae* (7,9%) y *Formicidae* (7,2%). Por otro lado, en CCC se visualiza un curva más pronunciada lo que indica una menor diversidad, sin embargo, se destaca la dominancia en *Formicidae* (78,7%). Esto confirma que mientras tenga una curva más alineada se va a reflejar una comunidad más equilibrada en cuanto a la distribución de especies (Kiernan, 2014).

Según Beltrán and Pinzón (2018) las especies pertenecientes a la familia *Termitidae* se alimentan de madera y de plantas, teniendo a la celulosa como base de su dieta, esto explica la mayor cantidad de individuos en bosques, debido al abundante material vegetal encontrados en estas zonas ideales para su alimentación. En otros estudios como el de Vargas *et al.* (2023) la familia *Porcellionidae* tiene un alto índice de individuos en áreas agroforestales de Colombia.

En el estudio de Gutiérrez *et al.* (2020) explica que en su muestreo encontró en mayor abundancia las familias *formicidae* y *termitadae* representando un total de 54% en el sistema silvopastoril.

La familia *Blaberidae* por lo general se encuentran asociadas con la familia *Formicidae*, esta asociación es explicada por Estrada and Rojas (2020) quienes relacionan la llegada de esta familia con el olor característicos de las hormigas que generan los desechos orgánicos de sus nidos, además la presencia de ambas familias es de importancia en las zonas secas debido al aporte sustancial a la riqueza del suelo que generan los desechos de las hormigas.

En comparación con otros estudios, se ha resaltado que las hormigas (*Formicidae*) tienen una alta abundancia en ecosistemas forestales. Castro *et al.*, (2018) indican que las hormigas constituyen entre un 33 y 68% en bosque lo que significa que es más alto que los resultados encontrados en este estudio.

Por otro lado, en un estudio realizado en Colombia en dos paisajes agroforestales, fue de 15,5% siendo este valor más cercano al que registro el estudio también Galindo *et al.* (2022) dan a conocer que en su investigación las hormigas predominaron con un 47.4%, estas variaciones pueden estar relacionadas por el tipo de manejo del suelo, la cobertura vegetal y las características edafoclimáticas de cada sistema evaluado.

La segunda familia predominante en cultivo de ciclo corto es *Paradoxosomatidae* (Milpiés) con una proporción de 6.4. Santos Silva *et al.* (2018) explican en su estudio que la mayor abundancia de estos individuos se encontró durante la época seca. Según el estudio Cupul (2011) esta familia se caracteriza por ser netamente detritívoros, ya que se alimentan de la materia orgánica en descomposición ayudando a la disminución de los restos de vegetales, lo que contribuye significativamente a la mineralización y al ciclo de nutrientes en el suelo. Este punto también fue resaltado por Doménech *et al.* (2023) quienes señalan que la presencia de estas familias en cultivo puede tener efectos positivos sobre el suelo aumentando la actividad biológica

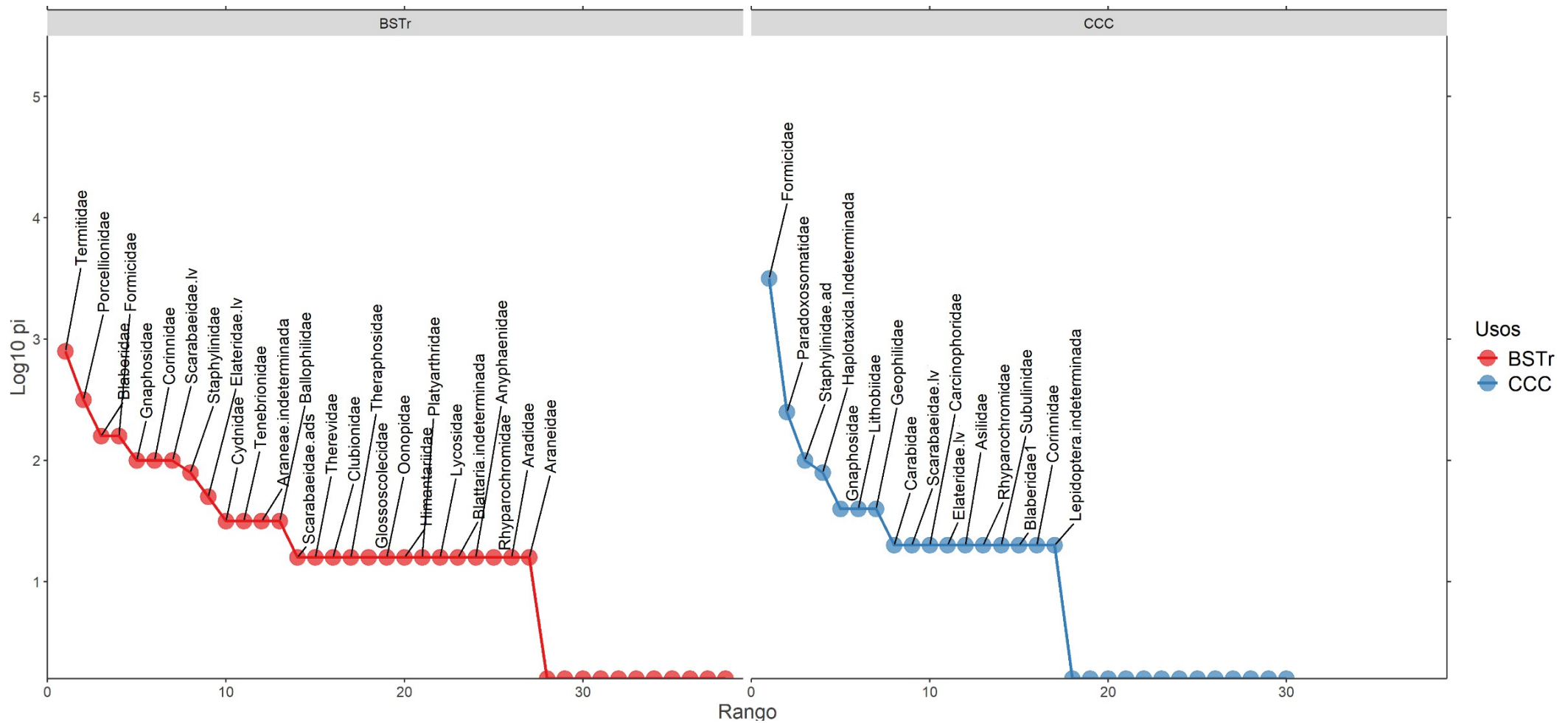


Figura 8. Curvas de Rango Abundancia de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. a: Bosque seco tropical (BSTR), b: Cultivo ciclo corto (CCC).

3.6 Grupos de funciones en dos usos de tierra

En la figura 9, específicamente en el **literal a** se observa la mayor densidad de individuos que corresponde al grupo funcional detritívoros aun así la diferencia no es significativa puesto que se observa en el gráfico que todos los grupos casi se encuentran dentro de un rango similar de densidad lo que indica una amplia diversidad.

En el estudio Cabrera *et al.* (2017) da a conocer el predominio de los detritívoros en bosque y en sistemas agroforestales, lo que coincide con los hallazgos de este estudio, este puede estar relacionado a las funciones que cumple este grupo como la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes, procesos que son importante para la regeneración de suelos.

Por otro lado, en el **literal b.** se observa una notable diferencia en donde los omnívoros son los que predominan, ocupando un rango mayor en el gráfico en comparación con los otros grupos

Como los resultados descritos por Diamé *et al.* (2018), quienes encontraron mayor abundancia de organismos perteneciente al grupo funcional omnívoros en diferentes cultivos, abundancia que atribuyen a su capacidad para regular la población de insectos dañinos en cultivos y en la bioturbación.

La densidad de individuo de los grupos de funcionales del estudio de Masin *et al.* (2017) varió entre los diferentes usos de tierra, en este caso los ingenieros predominaron en Pastizal, dentro de este grupo se encontraron principalmente las lombrices y los omnívoros, mientras que en pastizal se encontró mayor densidad en los herbívoros y por último se habla sobre los depredadores que no mostraron diferencias, esto se asemeja a algunos resultados que se obtuvieron al gráfico.

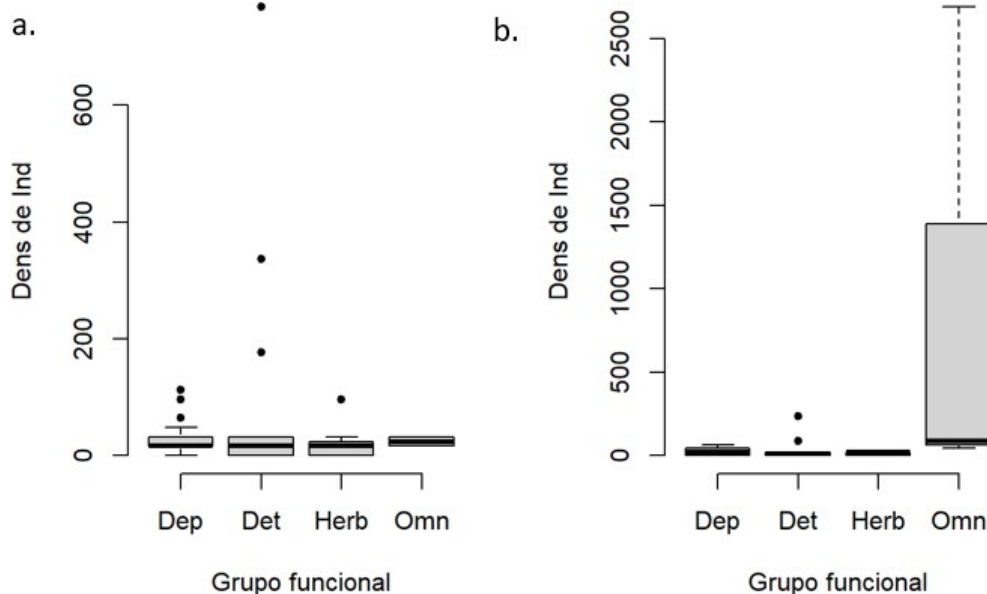


Figura 9. Diagrama de cajas (box plot) de la densidad de los grupos funcionales en Manglaralto. a: Bosque seco tropical, b: Cultivo de ciclo corto.

3.7 Relación detritívoro/ No detritívoro

En la relación detritívoro y no detritívoro se reportaron diferencias significativas ya que en BSTr, los detritívoro son particularmente abundantes, lo que podría explicarse por la presencia de un número considerable de organismos como la familia de *Termitidae* (Termitas superiores) siendo en su mayoría subterráneas, según lo descrito por Luna *et al.*, (2023), teniendo en cuenta que estas especies se asocian al reino neotropical, encargándose de descomponer la materia orgánica, como se ve en la figura 10.

Una alta presencia de detritívoro se puede relacionar con su alimentación, haciendo también más eficiente la movilidad y adquisición de los nutrientes en las plantas, esto varía dependiendo del área en el que se encuentren, en bosques subhúmedos se observa mayor abundancia de detritívoro en comparación con áreas donde realizan prácticas agrícolas ya que este grupo funcional es sensible a los cambios inducidos por la agricultura (Noguera *et al.*, 2017). Por su parte, Chiappero *et al.* (2024) también destacan que los organismos del suelo dependen en gran medida de la humedad, pH y temperatura los cuales están estrechamente relacionados con el macroclima, sobre todo el grupo funcional detritívoro.

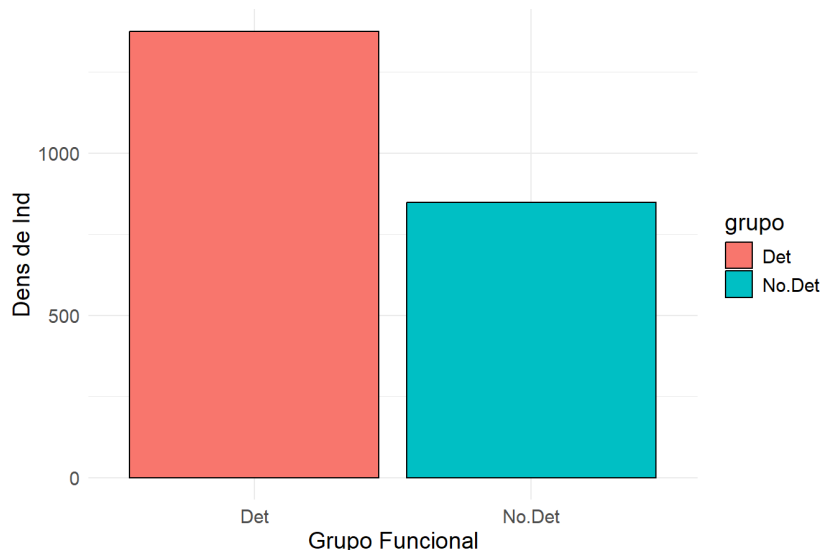


Figura 10. Indicador Detritivo/ No detritivo de BSTR.

En el Figura 11. que es cultivo de ciclo corto (CCC) se encontró una mayor dominancia en No detritivo (omnívoro, depredadores, herbívoros) con más de 3 000 individuos posiblemente debido a la presencia de cultivos o las prácticas que realizan por eso cuenta con una baja densidad de detritivo relacionándose con una baja descomposición de materia orgánica.

Según Chávez *et al.* (2021) da a conocer que en sus muestreos de los 5 agroecosistemas que ellos estudiaron los detritivos estuvieron pocos representados incluso en pastizales con árboles no hubo presencia de este grupo. Masin *et al.* (2017) manifiestan en su estudio que la densidad de individuos es menor en el grupo funcional detritivo por las condiciones ambientales de sus suelos y las actividades de laboreo que realizaban en estos usos.

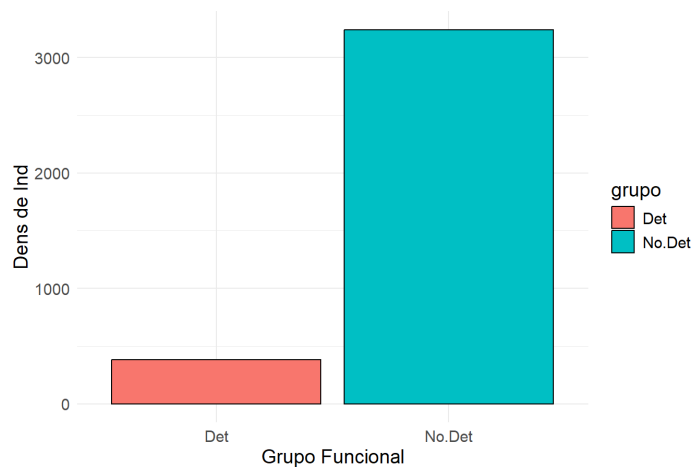


Figura 11. Indicador Detritívoro/ No detritívoro de CCC.

3.8 Correlación

La matriz de correlación de rangos de Spearman Rho permite analizar la relación de los índices de biodiversidad y las variables edáficas del análisis del suelo. Este puede interpretarse a partir del siguiente cuadro:

Tabla 6. Interpretación de la Correlación según el Valor de Rho (\pm)

Valor Rho (\pm)	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

Detritívoro: Son los encargados de la descomposición física y química presente en el suelo (Giraldo and Chará, 2022). Cabrera (2014) expone que las condiciones edafoclimáticas como el clima, la humedad, la textura juegan un papel importante. Esta relación está presente en esta investigación porque gracias a la matriz de correlación Spearman se logró observar relaciones positivas y negativas entre organismos detritívoros con las propiedades físicas- químicas del suelo dando a conocer una determinación positiva con la variable de NH₄ (0.57) siendo una correlación media, en P (Fosforo), MO (Materia Orgánica), K (Potasio), con valores de 0.53, 0.56 y 0.54

Depredadores: Este grupo funcional mostró una correlación alta 0.63 con los índices de Simpson y la riqueza de las especies, es decir, que la presencia de estos está asociada con el ecosistema equilibrado, ya que ellos se encargan de dar un control natural de las especies presa, evitando su dominio excesivo y favoreciendo a la biodiversidad del suelo.

3.9 Análisis de varianza Kruskal-Wallis

Los resultados del Análisis de Varianza Kruskal-Wallis por Variable (p-valor < 0.05) determinaron que el grupo funcional detritívoro es el que obtuvo una diferencia significativa entre los usos BStr y CCC, ya que su p. valor fue de 0.032 lo que significa la existencia de una diferencia significativa, tal como se observa en la Figura 12 donde además se muestran

los resultados de la prueba posthoc Bonferroni, se confirma la diferencia entre las poblaciones en ambos usos.

Esta diferencia está relacionada con las condiciones ambientales o los recursos disponibles en cada uso de suelo, lo que permite identificar los factores que afectan la abundancia o actividad del grupo funcional detritívoro, es decir, la alteración de la vegetación o de las propiedades del suelo influyen directamente a estas especies. En este sentido, Giraldo and Chará (2022) recalcan la importancia de los detritívoros, ya que ellos tienen la capacidad de transformar la materia orgánica en diferentes formas que son utilizables para otros organismos

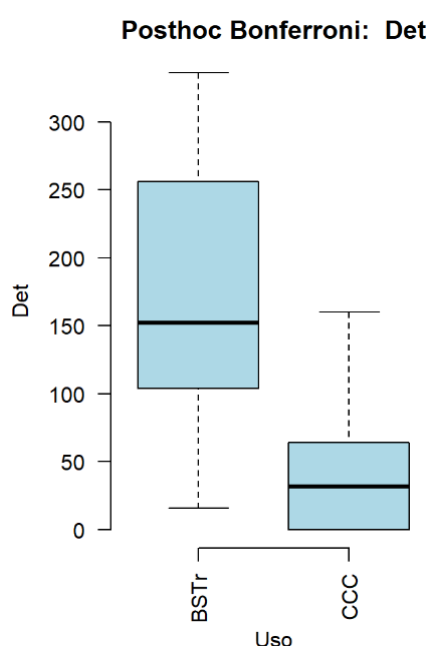


Figura 12. Diagrama de caja (Box plot) de Det: Detritívoro comparando los dos usos de tierra: BSTr y CCC.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La densidad relativa de los grupos funcionales de BSTR mostró una distribución equilibrada entre depredadores y omnívoros teniendo unas ligeras variaciones en detritívoros, herbívoros, mientras que en CCC la densidad de los individuos tuvo mayor abundancia en omnívoros, siendo este grupo dominante en este tipo de suelo. Las familias más abundantes en estos usos son *Termitidae* (Termitas), *Formicidae* (Hormigas), *Porcillionidae* (Cochinillas), *Paradoxosomatidae* (milpiés) y *Staphylinidae* (escarabajos), desempeñando un papel fundamental en la fertilidad y estructura del suelo.
- Se obtuvieron diferencias significativas en su comportamiento en función con las propiedades químicas y fisicoquímicas del suelo. Se puede recomendar que los ecosistemas como BSTR pueden funcionar como bioindicadores de calidad de suelo debido a su estabilidad y diversidad edáfica, mientras que en los suelos agrícolas (CCC) es necesario implementar prácticas sostenibles para mejorar la abundancia de estos organismos en el suelo.

Recomendaciones

- Para mejorar la diversidad de estos organismos en el uso de tierra cultivos de ciclo corto (CCC), es necesario implementar prácticas de manejo sostenible como por ejemplo los abonos verdes, rotación de cultivos, aplicación de biol, entre otros.
- Se recomienda realizar muestreo de macrofauna en cultivos de ciclo corto para observar las variaciones a lo largo del tiempo, con el fin de conservar las propiedades del suelo y su biodiversidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amat, J. (2016) *Test Kruskal-Wallis*. Available at: https://cienciadedatos.net/documentos/20_kruskal-wallis_test (Accessed: 25 November 2023).
- Awoonor, J.K., Dogbey, B.F. and Salis, I. (2023) 'Human-induced land use changes and phosphorus limitation affect soil microbial biomass and ecosystem stoichiometry', *PLOS ONE*, 18(8), p. e0290687. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0290687>.
- Ayan, L.R. *et al.* (2021) 'Microorganismos del suelo y sus usos potenciales en la agricultura frente al escenario del cambio climático', *Magna Scientia UCEVA*, 1(1), pp. 104–117. Available at: <https://doi.org/10.54502/msuceva.v1n1a14>.
- Ayuke, F.O. *et al.* (2011) 'Soil fertility management: Impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation', *Applied Soil Ecology*, 48(1), pp. 53–62. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.02.001>.
- Ayuke, F.O. *et al.* (2019) 'Conservation Agriculture Enhances Soil Fauna Richness and Abundance in Low Input Systems: Examples From Kenya', *Frontiers in Environmental Science*, 7. Available at: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00097>.
- Baloriani, G.I. *et al.* (2010) 'Estudio de la macrofauna edáfica (orden araneae). Su riqueza y abundancia en invernáculos sujetos a un manejo convencional y en transición agroecológica. Partido de La Plata, Argentina', *Agroecología*, 5, pp. 33–40.
- Bargali, S. *et al.* (2015) 'Leaf litter decomposition and nutrient dynamics in four tree species of Dry Deciduous Forest.', *Tropical Ecology*, 56, pp. 57–66.
- Bautista, E.H.D., Suárez, L.R. and Salazar, J.C.S. (2018) 'Relationship between macroinvertebrates and soil properties under different agroforestry arrangements in the Colombia Andean Amazon.', *Acta Agronomica*, 67(3), pp. 395–401. Available at: <https://doi.org/10.15446/acag.v67n3.67266>.
- Beltrán-Díaz, M.A. and Pinzón-Florián, O.P. (2018) 'Termitofauna (Isoptera: Termitidae, Rhinotermitidae) en plantaciones de Pinus caribaea en sabanas de la Orinoquia Colombiana', *Revista Colombiana de Entomología*, 44(1), pp. 61–71. Available at: <https://doi.org/10.25100/socolen.v44i1.6544>.
- Biondi, S.F., Ferreira, R.L. and Antonini, Y. (2022) 'Taxonomic and trophic groups diversity of soil invertebrates positively respond to restoration of riparian forests', *Ecologia Austral*, 32(1), pp. 10–18. Available at: <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.0.1450>.
- Brito, Y.M. *et al.* (2015) 'Diversidad de grupos funcionales de la fauna edáfica y su relación con el diseño y manejo de tres sistemas de cultivos'.
- Cabanillas, D. (2020) 'Centipede fauna (Myriapoda, chilopoda) from saproxylic environments of salamanca (castilla y león, Spain)', *Boletín de la Asociación Española de Entomología*, 44(3–4), pp. 517–527.
- Cabrera, G. (2019) 'Evaluación de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto del uso y calidad del suelo en el occidente de Cuba'.
- Cabrera-Dávila, G. (2012) '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-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.
- 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.
- Cabrera-Mireles, H. *et al.* (2019) ‘Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto † [impact of land use on the edaphic meso and macrofauna in sugarcane and pasture]’, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, pp. 33–43.
- Caicedo Rosero, D.M. *et al.* (2017) ‘Población de macrofauna en sistemas silvopastoriles dedicados a la producción lechera: análisis preliminar’, *La Granja*, 27(1), pp. 77–85. Available at: <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.06>.
- Cameron, E.K. *et al.* (2019) ‘Global mismatches in aboveground and belowground biodiversity’, *Conservation Biology*, 33(5), pp. 1187–1192. Available at: <https://doi.org/10.1111/cobi.13311>.
- Campos, P.J.C. (2017) ‘MACROFAUNA EDÁFICA DE DOS SISTEMAS PECUARIOS, EN EL DISTRITO DE CONSERVACIÓN DE SUELOS “CORPOICA – TIBAITATA”.’
- Capetillo, E. (2023) ‘Diversidad, distribución y plantas huésped de termitas (hexápoda: isóptera) de áreas forestales de Tabasco’. Available at: <https://ri.ujat.mx/handle/200.500.12107/4476> (Accessed: 6 November 2024).
- Cassani, M.T. *et al.* (2021) ‘Litter decomposition by soil fauna: effect of land use in agroecosystems’, *Heliyon*, 7(10), p. e08127. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08127>.
- Castillo-Trejo, E.Y. *et al.* (2023) ‘Edaphic macrofauna and soil quality in agricultural and livestock agroecosystems of Campeche’, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(3), pp. 413–424. Available at: <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i3.3108>.
- Castro, D. *et al.* (2018) ‘A preliminary checklist of soil ants (Hymenoptera: Formicidae) of Colombian Amazon’, *Biodiversity Data Journal*, 6, p. e29278. Available at: <https://doi.org/10.3897/BDJ.6.e29278>.
- Cercado Quiñónez, E.A. (2021) *Evaluación cualitativa de suelos de la parroquia Colonche mediante cromatografía de pfeiffer*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6362> (Accessed: 27 August 2024).
- 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 (Accessed: 8 November 2024).
- Chi, L. *et al.* (2020) ‘Abundance and diversity of soil macroinvertebrates in sugarcane (*Saccharum* spp.) plantations under organic and chemical fertilization in Belize’,

Acta zoológica mexicana, 36. Available at:
<https://doi.org/10.21829/azm.2020.3611106>.

- Chiappero, M.F. *et al.* (2024) 'A global meta-analysis reveals a consistent reduction of soil fauna abundance and richness as a consequence of land use conversion', *Science of The Total Environment*, 946, p. 173822. Available at:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173822>.
- Crespín Guamán, J.E. (2024) *Levantamiento de entomofauna asociada al agroecosistema del Centro de Apoyo Manglaralto*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024. Available at:
<https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12061> (Accessed: 10 November 2024).
- Cupul Magaña, F.G. (2011) 'Tres especies de milpiés paradoxosomatidos (diplopoda: polydesmida: paradoxosomatidae) de México', *Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología*, 4(1), pp. 311–315.
- Dávila, G. de la C.C. *et al.* (2022) 'Macrofauna edáfica como bioindicador en ecosistemas semiáridos de la Península de Santa Elena, Ecuador', *Poeyana* [Preprint], (513). Available at: <https://revistasgeotech.com/index.php/poey/article/view/430> (Accessed: 27 August 2024).
- Diamé, L. *et al.* (2018) 'Ants: Major Functional Elements in Fruit Agro-Ecosystems and Biological Control Agents', *Sustainability*, 10(1), p. 23. Available at:
<https://doi.org/10.3390/su10010023>.
- Doménech, C. *et al.* (2023) 'Contribution to the knowledge of centipedes, millipedes (Myriapoda: Chilopoda, Diplopoda) and terrestrial isopods (Crustacea: Oniscidea) of the Sierra de Aitana (Alicante, Spain)', *Arxius de Miscellania Zoológica*, 21, pp. 129–149. Available at: <https://doi.org/10.32800/amz.2023.21.0129>.
- Domínguez Ortega, D. (2020) *Efecto de dos usos de la tierra: silvopastoreo y pastizal natural sobre la macrofauna edáfica en una lechería en Perico, Matanzas, Repositorio Institucional de la Universidad de La Habana*. Facultad de Biología. Available at: <https://accesoabierto.uh.cu/s/scriptorium/item/2156093> (Accessed: 4 July 2024).
- Escobar Montenegro, A.D.C., Filella, J.B. and González Valdivia, N.A. (2017) 'Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua', *Revista Científica de FAREM-Estelí*, (22), pp. 39–49. Available at:
<https://doi.org/10.5377/farem.v0i22.4520>.
- Estrada-Álvarez, J.C. and Rojas, P. (2020) 'Eremoblatta atticola sp. n. (Corydiidae: Corydiinae), nueva cucaracha mirmecófila de México', *ACTA ZOOLOGICA MEXICANA (N.S.)*, pp. 1–14. Available at:
<https://doi.org/10.21829/azm.2020.3612240>.
- Feijoo-Martínez, A., Peña-Venegas, C.P. and Zuluaga, Y.L.F. (2020) 'New species of earthworms (Oligochaeta: Rhinodrilidae) from the Colombian Amazonia region', *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(1). Available at:
<https://doi.org/10.22201/IB.20078706E.2020.91.3085>.
- Ferreira, E.V. de O. *et al.* (2011) 'Ação dos térmitas no solo', *Ciência Rural*, 41, pp. 804–811. Available at: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011005000044>.

- Freire, L.R., Araújo, E. da S. and Berbara, R.L.L. (2015) ‘Tempo de Captura de Organismos da Mesofauna do Solo e seus Reflexos na Interpretação de Índices da Comunidade Edáfica’, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 39, pp. 1282–1291. Available at: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150117>.
- Galindo, V. *et al.* (2022) ‘Land use conversion to agriculture impacts biodiversity, erosion control, and key soil properties in an Andean watershed’, *Ecosphere*, 13(3), p. e3979. Available at: <https://doi.org/10.1002/ecs2.3979>.
- Germán, F. and Magaña, C. (2011) ‘en el libro de Moisés HERRERA’.
- Giraldo, N.V. and Chará, J. (2022) ‘Effect of intensive silvopastoral systems on the reduction of physical and biological soil degradation’, *Livestock Research for Rural Development*, 34(3).
- Gongalsky, K.B. (2021) ‘Soil macrofauna: Study problems and perspectives’, *Soil Biology and Biochemistry*, 159, p. 108281. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108281>.
- Gonzalez, L.C., Mogollón, A.E.C. and Hernández, L.C. (2021) ‘Variaciones de la microfauna del suelo con la implantación de 18 modelos agroecológicos en 6 municipios de Norte de Santander, Colombia’, *Inge CuC*, 17(1), pp. 81–95. Available at: <https://doi.org/10.17981/ingecuc.17.1.2021.07>.
- Gutiérrez-Bermúdez, C. del C. *et al.* (2020) ‘Composición trófica de la macrofauna edáfica en sistemas ganaderos en el Corredor Seco de Nicaragua’, *Pastos y Forrajes*, 43(1), pp. 32–40.
- Hernández-Chávez, M.B. *et al.* (2020) ‘Biodiversidad y abundancia de la macrofauna edáfica en dos sistemas ganaderos en Sancti Spíritus, Cuba’, *Pastos y Forrajes*, 43(1), pp. 18–25.
- Kataka, J.-L. *et al.* (2023) ‘SOIL MACROFAUNA ABUNDANCE AND DIVERSITY UNDER TREES WOODLOTS IN EASTERN DEMOCRATIC REPUBLIC OF CONGO’, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(3). Available at: <https://doi.org/10.56369/tsaes.4548>.
- Kiernan, D. (2014) ‘Chapter 10: Quantitative Measures of Diversity, Site Similarity, and Habitat Suitability’. Available at: <https://milnepublishing.geneseo.edu/natural-resources-biometrics/chapter/chapter-10-quantitative-measures-of-diversity-site-similarity-and-habitat-suitability/> (Accessed: 6 November 2024).
- Lagos, T.C., Ballesteros, W. and Delgado, W.L. (2020) ‘Diversidad de la edafofauna de suelos cafeteros del sur de Colombia’, *Temas Agrarios*, 25(2), pp. 117–128. Available at: <https://doi.org/10.21897/rta.v25i2.2439>.
- Lang-Ovalle, F.P. *et al.* (2011) ‘Macrofauna edáfica asociada a plantaciones de mango y caña de azúcar.’
- Lino-Suárez, J.L., Balmaseda-Espinosa, C.E. and Ponce De León-Lima, D. (2019) ‘Comportamiento espacial y temporal de la salinidad de suelos del Centro de Apoyo Manglaralto UPSE’, *Killkana Técnica*, 3(3). Available at: https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v3i3.571.
- Luna, M. de *et al.* (2023) ‘Termites (Blattodea: Isoptera) of Canada, continental USA, and Mexico: an identification key to families and genera, checklist of species, and new

- records for Mexico’, *Acta zoológica mexicana*, 39. Available at: <https://doi.org/10.21829/azm.2023.3912484>.
- Machado, L. *et al.* (2021) ‘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>.
- Marín, E.P. and Feijoo, A. (2007) ‘Efecto de la labranza sobre macroinvertebrados del suelo en vertisoles de un área de Colombia’, *Terra Latinoamericana*, 25(3), pp. 297–310.
- Martínez, Y.P.C. (2022) ‘ESTRUCTURA DE LA MACRO, MESO Y MICROFAUNA DEL SUELO’.
- 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.
- Mestanza Novoa, C.J. and Zorogastúa Cruz, P.E. (2019) ‘Spatial distribution of earthworms and properties of an Inceptisol in the Peruvian high jungle region’, *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 45(1), pp. 121–126.
- Morales-Rojas, E. *et al.* (2021) ‘Macrofauna edáfica asociada al cultivo de maíz (*Zea maíz*)’, *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 9(1), pp. 15–25. Available at: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2021.090100015>.
- 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.
- Oksanen, J. *et al.* (2022) *vegan: Community Ecology Package*. Available at: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- 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>.
- Pareja, S.R. *et al.* (2011) ‘Los Macroinvertebrados como Indicadores de la Calidad del Suelo en Cultivos de Mora, Pasto y Aguacate’. Available at: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179922364005> (Accessed: 10 November 2024).
- Phillips, H.R.P. *et al.* (2019) ‘Global distribution of earthworm diversity’, *Science*, 366(6464), pp. 480–485. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aax4851>.
- Pinzón, S.P. *et al.* (2015) ‘La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasilera’, *Revista de la Facultad de Agronomía*, 114(1), pp. 49–60.
- Powers, J.S. (2019) ‘¿Serán vulnerables los bosques tropicales secos a los cambios climáticos, y cuáles serán sus efectos sociales?’, *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1), pp. 18–23.
- 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: 7 November 2024).

- 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/>.
- Ramírez Huila, W. *et al.* (2022) ‘Estructura y composición arbórea del bosque seco tropical en el valle Sancán, Manabí, Ecuador’, *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(2), pp. 169–181.
- Robertson, L.N., Kettle, B.A. and Simpson, G.B. (1994) ‘The influence of tillage practices on soil macrofauna in a semi-arid agroecosystem in northeastern Australia’, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 48(2), pp. 149–156. Available at: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)90085-X](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90085-X).
- Rosenstock, N.P. *et al.* (2019) ‘Base cations in the soil bank: non-exchangeable pools may sustain centuries of net loss to forestry and leaching’, *SOIL*, 5(2), pp. 351–366. Available at: <https://doi.org/10.5194/soil-5-351-2019>.
- Royero-Mesino, S.Y. (2019) ‘Macrofauna edáfica y características físicas y químicas del suelo en áreas con diferentes sistemas de manejo en el departamento del Atlántico, Colombia’. Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77486> (Accessed: 7 November 2024).
- Santos Silva, L. *et al.* (2018) ‘Phenology of *Promestosoma boggianii* (Diplopoda: Polydesmida: Paradoxosomatidae) in a Neotropical floodplain’, *Zoologia (Curitiba Impresso)*, 35. Available at: <https://doi.org/10.3897/zoologia.35.e14764>.
- Serra, R.T. *et al.* (2021) ‘Fast recovery of soil macrofauna in regenerating forests of the Amazon’, *The Journal of Animal Ecology*, 90(9), pp. 2094–2108. Available at: <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13506>.
- Silva, R.A. *et al.* (2018) ‘Spatial Variability of Soil Fauna Under Different Land Use and Managements’, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 42, p. e0170121. Available at: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20170121>.
- Socarrás, A. (2013) ‘Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo’, *Pastos y Forrajes*, 36(1), pp. 5–13.
- Soler, P. *et al.* (2012) ‘Índice valor de importancia, diversidad y similaridad florística de especies leñosas en tres ecosistemas de los llanos centrales de Venezuela’, *Agronomía Tropical*, 62(1–4), pp. 025–038.
- Soria, M.A. (2016) ‘¿Por qué son importantes los microorganismos del suelo para la agricultura?’
- Suárez Salazar, J.C., Duran Bautista, E.H. and Rosas Patiño, G. (2015) ‘Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana’, *Acta Agronómica*, 64(3), pp. 214–220. Available at: <https://doi.org/10.15446/acag.v64n3.38033>.
- Swift, M.J., Bignell, D.E. and Huisling, E.J. (2012) ‘El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general’, p. 24.
- Tapia, F. (2019) *RPubs - análisis de biodiversidad*. Available at: <https://rpubs.com/dsfernandez/468964> (Accessed: 11 July 2024).
- 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>.
- Trujillo-Gonzalez, J., Mahecha-Pulido, J. and Torres-Mora, M. (2018) ‘El recurso suelo; un análisis de sus funciones, capacidad de uso e indicadores de calidad’, 9. Available at: <https://doi.org/10.22490/21456453.2095>.
- Valdez M., C.G. *et al.* (2018) ‘Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México’, *Revista de Biología Tropical*, 66(4), pp. 1674–1682. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135>.
- Vargas Castro, F. *et al.* (2023) ‘Macroinvertebrados edáficos en sistemas productivos de Coffea arábica en Garzón, Huila, Colombia’, *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 11(2). Available at: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2310-34692023000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es (Accessed: 6 November 2024).
- Villota Lizarralde, D.C. (2014) *Biodiversidad y abundancia de macroinvertebrados bentónicos de la zona intermareal en la reserva de producción faunística marino costera Puntilla de Santa Elena los meses de noviembre 2013 hasta febrero 2014*. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2014. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/1475> (Accessed: 10 November 2024).
- Wu, P. and Wang, C. (2019) ‘Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring’, *Geoderma*, 337, pp. 266–272. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.09.031>.
- Zambrano, Z. and Antonella, A. (2021) ‘Evaluación de la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas’.

ANEXOS



Figura 1B. Extracción de la macrofauna edáfica en los dos usos de tierra: BStr y CCC.



Figura 2A. Conteo del número de individuos por monolitos en los dos usos de tierra.



Figura 3A. Identificación de la macrofauna a nivel de orden y familia mediante el estereoscopio.



Figura 4A. Toma de fotografías para la base de datos del estudio.

GALERÍA

Arañas



Familia: *Gnaphosidae*



Familia: *Lycosidae*



Familia: *Teraphosidae*

Cochinilla



Familia: *Porcellionidae*

Termitas



Familia: *Termitidae*



Hormigas



Familia: *Staphylinidae*



Familia: *Formicidae*



Familia: *Formicidae*



Familia: *Formicidae*

Tijereta



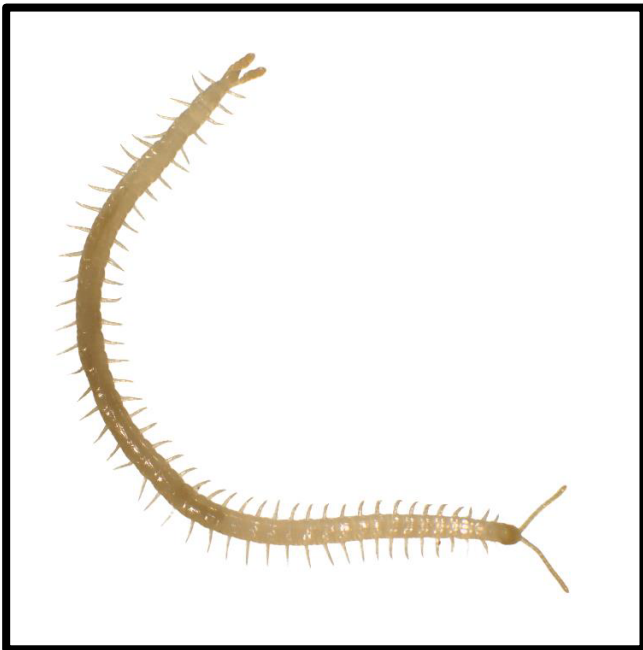
Familia: *Carcinophoridae*

Milpiés



Familia: *Paradoxosomatidae*

Ciempíes



Familia: *Geophilidae*



Familia: *Lithobiidae*

Id_M	Lugar	Fecha	Uso	AS1	AMO	ANT	ACIC	Coordenada X	Coordenada Y
Mg-MON01-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73832	-1,842
Mg-MON02-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73771	-1,8418
Mg-MON03-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73821	-1,8415
Mg-MON04-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73874	-1,8415
Mg-MON05-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73851	-1,8408
Mg-MON06-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73765	-1,8413
Mg-MON07-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,73759	-1,8409
Mg-MON08-BC	Manglaralto	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,742	-1,8442
Mg-MON01-CC	Manglaralto	ago-21	Maiz	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,74149	-1,84297
Mg-MON02-CC	Manglaralto	ago-21	Maiz	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,74104	-1,84219
Mg-MON03-CC	Manglaralto	ago-21	Rabano	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,74216	-1,84229
Mg-MON04-CC	Manglaralto	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,70695	-1,83326
Mg-MON05-CC	Manglaralto	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,70135	-1,84005
Mg-MON06-CC	Manglaralto	ago-21	Sandia	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	-80,70667	-1,83312

Figura 5A. Matriz del muestreo de Macrofauna Edáfica en Dos Usos de Tierra: Bosque y Cultivo en Manglaralto, Agosto 2021.

Id_M	Uso	pH	NH4	P	MO	RCa_Mg	RMg_K	RCaMg_K	N_TOTAL	Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC	H	D	S	J	Det	Dep	Herb	Omn
Mg-MON01-BC	BSTr	6.30	21.00	66.00	3.50	4.22	1.32	6.88	0.39	0.92	13.14	29.62	5.91	49.59	52.00	1.09	0.66	3	0.99	112	48	0	0
Mg-MON02-BC	BSTr	6.30	16.00	34.00	2.70	3.56	2.06	9.41	0.30	1.33	6.49	34.55	6.97	49.00	52.00	2.01	0.84	9	0.92	96	176	16	16
Mg-MON03-BC	BSTr	6.60	20.00	62.00	3.40	4.62	1.20	6.74	0.39	1.18	15.97	32.86	6.80	57.00	60.00	1.28	0.65	5	0.80	192	64	0	16
Mg-MON04-BC	BSTr	6.80	21.00	52.00	3.50	3.93	1.12	5.54	0.36	1.01	17.16	30.23	6.86	55.00	56.00	1.39	0.75	4	1.00	16	48	0	0
Mg-MON05-BC	BSTr	5.80	25.00	88.00	4.10	4.88	1.26	7.42	0.39	0.80	16.75	27.30	7.09	52.00	54.00	1.83	0.74	11	0.76	288	64	96	32
Mg-MON06-BC	BSTr	6.60	19.00	55.00	3.10	4.26	1.32	6.96	0.30	1.07	16.73	30.24	6.64	55.00	56.00	1.35	0.56	9	0.61	336	128	0	32
Mg-MON07-BC	BSTr	6.80	19.00	48.00	3.20	5.03	1.01	6.12	0.30	0.83	16.61	31.39	5.77	55.00	56.00	0.66	0.31	4	0.48	224	16	32	0
Mg-MON08-BC	BSTr	7.60	6.00	127.00	1.00	11.05	1.20	14.49	0.21	0.23	2.29	20.74	1.25	25.00	28.00	1.85	0.83	7	0.95	112	32	32	0
Mg-MON01-CC	CCC	7.50	17.00	39.00	2.80	3.55	2.31	10.49	0.30	2.10	5.44	32.26	6.90	47.00	50.00	0.27	0.09	7	0.14	48	32	16	2016
Mg-MON02-CC	CCC	6.90	11.00	40.00	1.80	3.21	2.49	10.47	0.27	1.83	5.74	28.52	6.51	43.00	54.00	0.69	0.50	2	1.00	0	0	16	16
Mg-MON03-CC	CCC	7.30	5.00	32.00	0.90	4.54	3.22	17.84	0.21	1.79	4.43	32.19	5.58	44.00	50.00	0.64	0.44	2	0.92	0	16	0	32
Mg-MON04-CC	CCC	7.60	14.00	46.00	2.40	3.09	2.83	11.59	0.30	1.12	4.76	34.24	7.79	48.00	50.00	1.68	0.79	6	0.94	64	64	16	0
Mg-MON05-CC	CCC	6.70	17.00	63.00	2.80	3.14	4.68	19.39	0.30	1.22	3.62	28.55	8.72	42.00	54.00	1.43	0.72	5	0.89	16	80	0	48
Mg-MON06-CC	CCC	7.80	25.00	215.00	4.10	3.21	1.93	8.15	0.36	1.25	12.94	30.28	10.08	55.00	56.00	1.49	0.71	6	0.83	160	80	0	0

Figura 6A. Matriz de Propiedades químicas y fisicoquímicas del Suelo, Índices de Diversidad e Importancia de Grupos Funcionales en los dos usos de Tierra: BSTr y CCC