



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

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
DEL SUELO COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE
APOYO RÍO VERDE.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Jessica Dennisse González González.

LA LIBERTAD, NOVIEMBRE 2024



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

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
DEL SUELO COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE
APOYO RÍO VERDE.**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor/a: Jessica Dennisse González González.

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

Cotutor: Blga. Grisel Cabrera Dávila., Ph.D.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **JESSICA DENNISSE GONZÁLEZ GONZÁLEZ** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniera Agropecuaria de la Carrera de Agropecuaria.

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



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

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

Ing. Nadia Rosaura Quevedo Pinos,
Ph.D.
**PROFESORA ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

DANIEL
ANTONIO
PONCE
DE LEON
LIMA

Firmado digitalmente
por DANIEL ANTONIO PONCE
DE LEON LIMA
DN: cn=DANIEL ANTONIO
PONCE DE LEON LIMA o=EC
#QUITO o=BANCO CENTRAL
DEL ECUADOR ou=ENTIDAD
DE CERTIFICACION DE
INFORMACION ECIBCE
Motivo: Soy el autor de este
documento
Ubicación:
Fecha: 2025-01-13 11:30:05:00



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

Ing. Daniel Ponce de León Lima, Ph.D.
**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

Quiero agradecer principalmente a Dios por la vida y salud que me brinda a mí y a toda mi familia, además por darme fuerzas y no dejar que me rinda ante las adversidades.

A mis padres y demás familiares por el apoyo y motivación que me dieron cada día para seguir adelante y no decaer y así lograr todo lo que me propongo en la vida.

A los docentes y mi tutor el Ing. Daniel Ponce de León Lima, Ph.D. por su tiempo brindado, con su ayuda he aprendido muchas cosas y descubrir lo importante que es adquirir conocimientos a través del estudio.

A mi novio, el que siempre me motiva y anima también a seguir adelante para conseguir mis metas y objetivos.

A mis dos amigas Adamaris y Rosa con las que compartí bonitos momentos dentro y fuera del aula de clases, gracias por todo su apoyo.

Jessica González González.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por ser mi guía, mi protector y por todo lo que me ha permitido alcanzar en esta vida.

Con todo mi amor a mis padres Fanny González y Crisanto González, por ser la luz en mi vida, no hay palabras suficientes para expresar toda mi gratitud, gracias por todo el apoyo que me han brindado, son mi pilar fundamental y mi mayor apoyo en cada paso que doy, sin sus sacrificios, dedicación, esfuerzo, nada de esto sería posible, este logro también es de ustedes. Gracias por siempre creer en mí, por sus palabras de aliento, y por el apoyo en los momentos más difíciles. Este logro es tanto de ustedes como mío, es un reflejo, trabajo constante y educación, hoy lo que soy es por ustedes que siempre están presentes en el crecimiento de mi vida profesional.

A mis hermanos Kimberly y Dilan por ser el motivo de felicidad en mi vida y que espero ser el gran ejemplo de su hermana mayor.

A mi tía Mery por ser como mi segunda madre, eres una parte esencial en mi vida, ya que me ha brindado su apoyo incondicional y por compartir buenos y malos momentos conmigo.

A mi abuela Petra por siempre darme ánimos, enseñarme el valor de la vida y el amor incondicional.

A mis dos ángeles en el cielo mis abuelos Rufino y Alcibiades que físicamente ya no están, pero son la ausencia más presente en mi vida y sé que están orgullosos de mí.

Jessica González González.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro de Apoyo Río Verde, provincia de Santa Elena, para evaluar la biodiversidad y riqueza de la macrofauna edáfica en dos tipos de uso de suelo: bosque seco tropical (BSTr) y cultivos de ciclo corto (CCC). El objetivo fue analizar cómo la intensidad del uso del suelo afecta la riqueza y abundancia de estas comunidades. Para ello, se recolectaron macroinvertebrados mayores de 2 mm en 16 monolitos (8 para cada tipo de uso), con dimensiones de 25 x 30 x 25 cm. Los organismos fueron identificados, clasificados y fotografiados hasta el nivel de familia.

Se evaluaron riqueza, dominancia, diversidad, densidad y grupos funcionales, usando indicadores biológicos. Los resultados mostraron una mayor riqueza de familias en el bosque seco tropical (29 familias), predominando hormigas y termitas, mientras que en los cultivos de ciclo corto se identificaron 20 familias, siendo más abundantes las tijeretas y cochinillas. Se incluyó el análisis de la diversidad, riqueza y funcionalidad de los organismos en ambos suelos.

El análisis de datos, mediante pruebas como Kruskal-Wallis, reveló que el bosque seco tropical tiene una mayor diversidad y abundancia de macrofauna en comparación con el suelo agrícola, donde la comunidad fue menos diversa debido a prácticas intensivas. Los índices de diversidad de Shannon y Simpson confirmaron una composición de especies más equilibrada en el bosque seco tropical, lo que sugiere un ambiente más estable y sostenible en comparación con el suelo agrícola.

La investigación concluye que la macrofauna edáfica es un bioindicador efectivo de la calidad del suelo y resalta la importancia de adoptar prácticas sostenibles para preservar la biodiversidad del suelo en sistemas agrícolas.

Palabras claves: Diversidad de especies, calidad del suelo, densidad de individuos.

ABSTRACT

This research was conducted in the Río Verde Support Center, Santa Elena province, to evaluate the biodiversity and richness of edaphic macrofauna in two types of land use: tropical dry forest (BStr) and short cycle crops (CCC). The objective was to analyze how the intensity of land use affects the richness and abundance of these communities. For this purpose, macroinvertebrates larger than 2 mm were collected in 16 monoliths (8 for each type of use), with dimensions of 25 x 30 x 25 cm. The organisms were identified, classified and photographed down to the family level.

Richness, dominance, diversity, density and functional groups were evaluated using biological indicators. The results showed a greater richness of families in the tropical dry forest (29 families), with a predominance of ants and termites, while 20 families were identified in the short-cycle crops, with earwigs and mealybugs being more abundant. The analysis of the diversity, richness and functionality of organisms in both soils was included.

Data analysis, using Kruskal-Wallis tests, revealed that the tropical dry forest has a higher diversity and abundance of macrofauna compared to the agricultural soil, where the community was less diverse due to intensive practices. Shannon and Simpson's diversity indices confirmed a more balanced species composition in the tropical dry forest, suggesting a more stable and sustainable environment compared to the agricultural soil.

The research concludes that edaphic macrofauna is an effective bioindicator of soil quality and highlights the importance of adopting sustainable practices to preserve soil biodiversity in agricultural systems.

Key words: Species diversity, soil quality, density of individuals.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado “**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA DEL SUELO COMO BIOINDICADOR EN EL CENTRO DE APOYO RÍO VERDE**” y elaborado por **Jessica Dennisse González González**, 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:
**JESSICA DENNISSE
GONZALEZ GONZALEZ**

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico.....	2
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
1.1 Suelo.....	3
1.2 Suelo con cobertura vegetal.....	3
1.3 Beneficios de la cobertura vegetal.....	3
1.4 Calidad del suelo.....	4
1.5 Fauna edáfica	4
1.5.1. Clasificación de la fauna edáfica	4
1.6 Macrofauna	5
1.7 Grupos funcionales	6
1.7.1 Detritívoros.....	6
1.7.2 Fungívoros.....	6
1.7.3 Herbívoros.....	6
1.7.4 Depredadores	6
1.8. Grupos que componen la macrofauna del suelo	7
1.9 Tipos de indicadores.....	8
1.9.1. Físicos	8
1.9.2. Químicos.....	9
1.9.3. Biológicos (Bioindicadores).....	9
1.10 Macrofauna como indicador biológico	10

1.11. Índices de diversidad	10
1.11.1. Índice de Shannon.....	10
1.11.2. Índice de Simpson.....	11
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	12
2.1. Ubicación y descripción del lugar del proyecto	12
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS	14
2.2.1. Materiales de campo	14
2.2.2. Materiales de laboratorio	14
2.2.3. Equipos	14
2.2.4. Reactivos	14
2.2.5. Libros y colección	14
2.2.6. Software	14
2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL	15
2.3.1. Tipo de investigación	15
2.3.2. Esquema de muestreo aleatorio estratificado	15
2.3.3. Descripción de las variables	15
2.3.3.1. Número de individuos.....	15
2.3.3.2. Densidad	15
2.3.3.3. Riqueza (S)	15
2.3.3.4. Igualdad (J).....	15
2.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO	16
2.4.1. Primera fase: selección de las áreas de muestreo	16
2.4.2. Segunda fase: procesamiento de muestreo y de muestra	16
2.4.2.1 Muestreo de la fauna edáfica	16
2.4.2.2. Procesamiento de muestra.....	17
2.4.3. Tercera fase: procesamiento de la información de la fauna edáfica extraída	18
2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	19
2.5.1. Test Kruskal-Wallis	19
2.5.2. TSBF	19
2.5.3. Spearman Rho	19
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20

3.1. Zonificación del área de estudio	20
3.2. Análisis de las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos.....	20
3.3. Determinación de la biodiversidad de macroinvertebrados.	27
3.3.1. Número total de individuos.....	27
3.3.2. Familias encontradas.....	28
3.4. Análisis de los índices de biodiversidad y estadística de los índices.....	30
3.5. Curva rango abundancia por cada uso de la tierra.....	32
3.6. Grupos funcionales	34
3.7. Relación detritívoros y no detritívoros por cada uso de la tierra	35
3.8. Correlaciones	37
3.9. Análisis de varianza Kruskal-Wallis	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
Conclusiones.....	41
Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de la fauna edáfica.....	5
Tabla 2: Grupos que componen la macrofauna del suelo	7
Tabla 3: Inventario de la fauna edáfica extraída en el centro de apoyo Río Verde.....	18
Tabla 4: Características de los usos de tierras.	20
Tabla 5: Análisis estadístico de las observaciones para las variables en estudio en los dos tipos de usos de tierra	21
Tabla 6: Composición taxonómica y funcional de las comunidades de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.	28
Tabla 7: Interpretación de la Fuerza de la Correlación según el Valor de Rho (\pm).....	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación de estudio Centro de prácticas Río Verde-Santa Elena.....	12
Figura 2: Climograma de Río Verde con sus precipitaciones (mm) y temperaturas (°C). 13	
Figura 3: Ubicación de los diferentes puntos donde se realizó el muestreo de la macrofauna edáfica del suelo en el centro de apoyo de Río Verde.....	13
Figura 4: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en las variables del suelo ph, RMg_K, RCaMg_k y Na entre los dos usos de tierra BSTR y CCC.....	24
Figura 5: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en las variables de suelo Ca, Mg, Suma de bases, CIC entre los dos usos de tierra BSTR y CCC.....	26
Figura 6: Número total de individuos por cada uso de tierra.....	27
Figura 7: Índices de diversidad de la macrofauna edáfica (H': índice de diversidad Shannon, D: índice de dominancia Simpson, S: índice de riqueza, J: índice de equitatividad Pielou), en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador (BSTR: Bosque Seco Tropical, CCC: Cultivo de Ciclo Corto).....	31
Figura 8: Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica del suelo con la riqueza de familias en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.	33
Figura 9: Diagrama de cajas (Box Plot) de la Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador. 1er panel: Bosque seco tropical (BSTR), 2do panel: Cultivo de ciclo corto (CCC).	34
Figura 10: Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el sistemas de uso de la tierra BSTR, estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.....	35
Figura 11: Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el sistemas de uso de la tierra CCC, estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.	36
Figura 12: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en los grupos funcionales (Det: Detritívoros, Dep: Depredadores, Omn: Omnívoros) entre los dos usos de tierra BSTR y CCC.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Figura 1A: Extracción manual de la macrofauna de suelo.

Figura 2A: Clasificación de las muestras en el laboratorio.

Figura 3A: Identificación y observación de cada una de las muestras en el estereoscopio.

Figura 4A: Procesamiento de la imagen de los organismos del suelo.

Figura 5A: Matriz del muestreo de la Macrofauna Edáfica en dos usos de Tierra: Bosque seco tropical y Cultivo de ciclo corto en Río Verde, agosto 2021.

Figura 6A: Matriz de Propiedades Físico-Químicas del Suelo, Índices de Diversidad e Importancia de Grupos Funcionales en los dos usos de Tierra.

INTRODUCCIÓN

El suelo es una mezcla de materiales minerales y orgánicos; capaz de soportar la vida vegetal. La calidad y la salud del suelo son criterios continuamente equivalentes, pero no siempre considerados semejantes. La materia orgánica, la diversidad de organismos y los productos microbianos son estados de las propiedades dinámicas del suelo que constituyen cualidades del mismo (Romero Cruz, 2017).

La calidad del suelo se refiere a la habilidad constante de este recurso para preservar el crecimiento saludable de las plantas y la productividad del ecosistema, esto depende de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo, dado que posee características dinámicas del suelo como la presencia de materia orgánica, variedad de organismos, o productos microbianos en un periodo específico, lo que representa, la salud del suelo (Sánchez, 2020).

Actualmente trabajamos con variables basadas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Cuando nos centramos en el factor biológico nos referimos al estudio de aquellos organismos que componen la macrofauna, la mesofauna y la microfauna edáfica, así como las poblaciones microbianas y su actividad enzimática. Existe una amplia variedad de organismos de diferentes familias y especies que viven juntos en la misma superficie terrestre, estas comunidades de macrofauna se han utilizado eficazmente como indicadores de calidad del suelo ante el cambio ambiental, pueden variar según el uso del suelo al que están expuestas, en su estructura, abundancia y variedad en su composición (Dávila *et al.*, 2022).

La provincia de Santa Elena se distingue por ser una zona semiárida, debido a sus características edafoclimáticas, lo que significa baja productividad y mala calidad del suelo con problemas de salinización en los suelos. La salinidad es provocada por los bajos niveles de precipitación, los que se presentan fundamentalmente durante la estación lluviosa en los meses de diciembre a mayo, con una estación seca de junio a noviembre.

El propósito de este estudio es establecer y describir la macrofauna edáfica presente para utilizarla como indicador biológico de la calidad del suelo en el sector evaluado, así como también evaluar los impactos de dos sistemas de uso de la tierra y el estado ecológico de sus suelos. La investigación aportará información sobre la macrofauna del suelo y abrirán nuevos estudios sobre la aplicación de bioindicadores de la calidad del suelo que permitirían

conservar, preservar y proteger los ecosistemas y su sostenibilidad en el tiempo, es decir que el principal objetivo es evaluar la diversidad biológica de la macrofauna edáfica del suelo en dos usos de tierra que son: bosque seco tropical y cultivo de ciclo corto.

Problema Científico

¿Cuál es el impacto del uso de la tierra en los indicadores de macrofauna del suelo y en que medida estos organismos pueden reflejar variaciones en la calidad del suelo?

Justificación

Estudiar la macrofauna del suelo como bioindicador del suelo en el Centro de Apoyo de Río Verde, resulta fundamental para analizar la salud y calidad del suelo de manera natural y sostenible. Estos seres vivos, que responden a cambios ambientales y a actividades agrícolas, ya que proporcionan información relevante acerca de la fertilidad y la condición de preservación del suelo, lo que facilita la identificación de prácticas sostenibles y la detección de problemas como la compactación o contaminación del suelo. Esta investigación contribuye a mejorar la gestión ambiental en Río Verde y a promover prácticas agroforestales que favorezcan la biodiversidad y la sostenibilidad del ecosistema.

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Evaluar la diversidad biológica de la macrofauna edáfica del suelo en dos usos de tierra en el centro de apoyo Río Verde, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Objetivos Específicos:

- Identificar y clasificar las especies de macrofauna del suelo presentes en las áreas de estudio.
- Validar la eficacia de la macrofauna edáfica como bioindicador de la salud y calidad del suelo tanto para el área de bosque seco tropical y de cultivos de ciclo corto.

Hipótesis

La diversidad y abundancia de la macrofauna edáfica varían significativamente según el manejo del suelo, y su composición, estos organismos pueden usarse como un bioindicador confiable de la calidad y salud del suelo.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Suelo

El suelo es un componente esencial que forman partículas minerales, que se componen de materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, siendo importante para el crecimiento de plantas, es decir, es fundamental para la agricultura y los ecosistemas. Jaime, Marta y Rosa (2020) ellos dan a conocer que la entrada de aire entre las partículas y el agua pueden existir cambios físicos y químicos beneficiosos al crear un ambiente adecuado para el desarrollo de los organismos que viven en su interior, estos cambios también facilitan a procesos biológicos.

1.2 Suelo con cobertura vegetal

Es fundamental resaltar la importancia del suelo ya que de él depende de la vida de muchos seres vivos y las actividades que se desarrollan. El uso del suelo y los cambios que tiene la cobertura vegetal son consecuencias por las actividades socioeconómicas de las poblaciones, por lo tanto existen alteraciones en los factores ambientales y las características biofísicas de los ecosistemas, es decir que con las actividades ganaderas y agrícolas conlleva a que los suelos sean menos fértiles y por lo tanto poseen menos cobertura vegetal (García, 2022).

1.3 Beneficios de la cobertura vegetal

Según Zambrano (2021) afirma que el suelo provisto de cubierta vegetal lo ayuda en:

- Reducir las pérdidas de suelo causada por la erosión hídrica y eólica.
- Aumentar la infiltración de agua en el suelo
- Reducir la evaporación del agua del suelo, reteniendo agua por mayor tiempo en el mismo.
- Aumentar y mejorar la biodiversidad, conservando la macrofauna del suelo (artrópodos, lombrices).
- Incrementar el contenido de materia orgánica en el perfil del suelo, por lo tanto, la fertilidad también se ve beneficiada.
- Las raíces de las plantas y los residuos vegetales contribuyen a mejorar la estructura del suelo haciéndolo más poroso, y consecuentemente, absorben más fácilmente el agua.

- Mejorar la estabilidad estructural de los agregados superficiales.

1.4 Calidad del suelo

La calidad debe entenderse como la utilidad del suelo para un fin específico y durante un tiempo continuado y duradero. Un suelo puede considerarse de buena calidad para una función y no tan buena e incluso baja para otra. La calidad del suelo influye en la salud de los cultivos y en la sostenibilidad ambiental. Las prácticas agrícolas y cambios en el uso del suelo pueden afectar su estructura y fertilidad (Cabeza López y Pablo, 2020).

La calidad del suelo debe tener en cuenta las propiedades y procesos biológicos, químicos y físicos de tal manera que la interpretación y las mediciones deben evaluarse en relación con tendencias o señales a largo plazo o a señales de sostenibilidad, lo que conducirá a la degradación, mantenimiento o aumento de su calidad (Cercado, 2021)

1.5 Fauna edáfica

La fauna edáfica es uno de los componentes primordiales del suelo, que está formada por seres vivos que llevan toda o parte de su existencia sobre la superficie directa del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial, y bajo la superficie de la tierra, que abarcan desde seres microscopios hasta vertebrados de tamaño medio. Para sobrevivir en el suelo, estos seres vivos han tenido que ajustarse a un entorno reducido, con un suelo compactado, escasez de oxígeno, poca luminosidad y sobre todo con variaciones microclimáticas que pueden ser extremadamente intensas (Alves, 2016).

1.5.1. Clasificación de la fauna edáfica

Las comunidades bioedáficas comprenden protistas pertenecientes a la microfauna, microflora, y seres de los grupos Arthropoda, Anellida y Moluscas. Estas comunidades residen en entornos como bosques, selvas y praderas, donde encuentran humedad y alimento para su supervivencia.

La fauna del suelo se clasifica de acuerdo a su tamaño, en microfauna, mesofauna y macrofauna (Pinzón *et al.*, 2015).

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 Nemátodos
MACROORGANISMOS	• Mesofauna	100 μm – 2 μm	Gusanos de primavera y Ácaros
	• Macrofauna	2-20 mm	Lombrices, Milpiés, Barrenador de madera, Caracoles y babosas
PLANTAS	• Algas	10 μm	
	• Raíces	>10 μm	

1.6 Macrofauna

Está compuesta por invertebrados mayores a 2 mm los cuales se pueden detectar a primera vista y que se destaca porque directa o indirectamente afectan las propiedades del suelo. Los macroinvertebrados edáficos se constituyen uno de los factores formadores del suelo, interviniendo en los ciclos de los nutrientes, en la regulación de la dinámica de la materia orgánica, secuestro de carbono en la regulación de gases de invernadero y a su vez modifican su estructura (Anchundia, 2015).

Los organismos pueden ser vistos como entes primariamente responsables del mantenimiento de la calidad del suelo y, por lo tanto, el funcionamiento de los mismos puede servir como un marcador biológico sensible para la comprensión de un sistema dado. Los cambios en las poblaciones de organismos proveen evidencias anticipadas de los cambios de los cambios en la calidad del suelo (Gómez, 2016).

1.7 Grupos funcionales

La macrofauna edáfica se divide en distintos grupos funcionales de acuerdo a su influencia en el suelo y hábito alimentario: los detritívoros, los fungívoros, los herbívoros y los depredadores.

1.7.1 Detritívoros

El grupo funcional de detritívoros, incluye una amplia variedad de invertebrados que residen en la superficie del suelo, quienes son los encargados de la trituración de los restos vegetales y animales que se encuentran en la hojarasca. De esta manera, participan en la degradación de la materia orgánica y en la reutilización de los nutrientes. Algunos individuos detritívoros podrían ser omnívoros no selectivos que ingieren cualquier tipo de material de procedencia vegetal o animal (Rodríguez, 2015).

1.7.2 Fungívoros

Son invertebrados que se alimentan principalmente de hongos, desempeñando un papel crucial en los ecosistemas al descomponer materia orgánica y contribuir al ciclo de nutrientes. Entre ellos se encuentran colémbolos, escarabajos, nematodos y ácaros, que consumen micelio, esporas y cuerpos fructíferos de hongos, estos organismos ayudan a controlar el aumento de hongos patógenos, cabe recalcar que también ayudan al reciclaje de nutrientes y a la descomposición. (Casallas, 2016).

1.7.3 Herbívoros

Los herbívoros son animales que tienen una dieta alimenticia que incluyen las hojas, tallos, flores y raíces de las plantas. Aquí encontramos insectos como chinches, larvas de escarabajos, grillos, entre otros. Estos organismos viven en las hojarasca o en el interior del suelo, siendo uno de los grupos funcionales más importantes dentro de la macrofauna del suelo (Reus *et al.*, 2017).

1.7.4 Depredadores

La función de los depredadores es dar equilibrio ecológico controlando las poblaciones de los herbívoros y otros organismos del suelo, como nematodos carnívoros, arañas, escarabajos y otros invertebrados, desempeñan un papel crucial como grupo funcional en los ecosistemas subterráneos. Al controlar las poblaciones de herbívoros y otros

organismos del suelo, estos depredadores mantienen el equilibrio ecológico, previniendo el sobrepastoreo de la vegetación subterránea y la proliferación de especies que podrían desestabilizar la comunidad del suelo. Además, a través de sus actividades de caza y consumo, facilitan la redistribución de nutrientes y mejoran la estructura del suelo, promoviendo su aeración y el ciclo de nutrientes. Su presencia y actividad son esenciales para la salud del suelo y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres (Crespín, 2024).

1.8. Grupos que componen la macrofauna del suelo

La macrofauna del suelo está compuesta por organismos de gran tamaño, generalmente superiores a 2 mm, que juegan un papel vital en la estructura y función de los ecosistemas terrestres (Royero, 2019).

Los principales grupos que conforman la macrofauna del suelo incluyen:

Tabla 2: Grupos que componen la macrofauna del suelo

NOMBRE COMÚN	GRUPO TAXONÓMICO RECONOCIDO (CLASE**, ORDEN* O FAMILIA)	GRUPO FUNCIONAL
Lombrices de tierra	Haplotaxida*	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Babosas y caracoles	Gastropoda**	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Isópoda*	Detritívoros
Milpiés	Diplopoda**	Detritívoros
Ciempiés	Chilopoda**	Depredadores
Arañas	Araneae*	Depredadores
Arañas patonas	Opiliones*	Depredadores
Falsos escorpiones	Pseudoscorpionida*	Depredadores

Cucarachas	Insecta**-Dictyoptera*	Detritívoros Herbívoros Omnívoros
Escarabajos	Insecta**-Coleóptera*	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	Insecta**-dermáptera*	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	Insecta**-díptera*	Detritívoros Depredadores
Chinchas y saltahojas	Insecta**-hemíptera*	Herbívoros
Hormigas	Insecta**-Hymenoptera*- Formicidae	Omnívoros, depredadores e Ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	Insecta**-isóptera*	Detritívoros e ingenieros Del suelo
Mariposas y orugas	Insecta**-lepidóptera*	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Insecta**-orthoptera*	Herbívoros

1.9 Tipos de indicadores

1.9.1. Físicos

Las propiedades físicas del suelo son un componente crucial en la valoración de la calidad de este recurso, porque no se pueden mejorar fácilmente. Estas propiedades físicas que pueden ser utilizadas como indicadores de la calidad del suelo, están relacionadas con la manera en que este recurso acepta, retiene y transmite agua a las plantas, y con las

limitaciones que existen en el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración o el movimiento del agua dentro del perfil (Trigoso-Becerrill *et al.*, 2023).

En los indicadores físicos del suelo encontramos lo siguiente:

- Estructura
- Densidad aparente
- Textura
- Infiltración
- Profundidad del suelo superficial
- Capacidad de almacenamiento del agua

1.9.2. Químicos

Los indicadores químicos propuestos se refieren a condiciones que afectan a la relación suelo-planta, calidad del agua, capacidad amortiguadora del suelo y la disponibilidad de agua y nutrientes a las plantas y microorganismos (Calderón-Medina *et al.*, 2018).

Algunos indicadores son:

- Carbono Orgánico
- pH
- Conductividad eléctrica
- Capacidad de adsorción de fosfatos
- Capacidad de intercambio de cationes
- Materia Orgánica
- Nitrógeno total

1.9.3. Biológicos (Bioindicadores)

El suelo es un recurso vivo, donde se encuentran una diversidad de especies de microorganismos morfológica y fisiológicamente distintos. Existe gran abundancia de los microorganismos y macroorganismos, tales como las bacterias, hongos, nemátodos, lombrices, anélidos y artrópodos que vienen a ser los indicadores biológicos. Además, se recalca que el suelo es un recurso vivo, ya que un gramo de suelo puede existir miles de especies de microorganismos y billones de individuos que forman parte de comunidades complejas y que son susceptibles a los cambios en el microambiente (Almada *et al.*, 2017).

1.10 Macrofauna como indicador biológico

La macrofauna edáfica es considerada como indicador de calidad o fertilidad del suelo debido a su función ecológica y su relación con las propiedades físicas y químicas del suelo, que determinan su presencia, tales como porosidad, humedad, materia orgánica y del impacto de diferentes sistemas de manejo sobre estos organismos, además la macrofauna resulta fácil de identificar y manipular en el campo, por lo que frecuentemente es encontrada por los productores durante las labores culturales (Romero, 2024).

Además puede ser vista como uno de los elementos biológicos que la distinguen, ya que se compone de seres diminutos que residen en el espacio que son fácilmente detectables, que incluyen las lombrices de tierra, termitas, hormigas, milpiés, cochinillas, arañas, ciempiés y otros. Ellos llevan a cabo esenciales procesos y servicios del ecosistema, tales como el reciclaje de nutrientes, la degradación de la materia orgánica y la gestión del ecosistema (Pozo, 2020).

Los invertebrados terrestres desempeñan un rol crucial en la productividad de los agroecosistemas, no sólo en su función de plagas o portadores de patógenos, sino también en su rol de beneficiarios de los agroecosistemas. Los invertebrados-plagas son muy valorados y generan grandes costos anuales de millones de dólares para los agricultores e investigadores, en cambio los invertebrados benéficos son considerablemente menos considerados. Sin embargo, es probable que la degradación física y química del suelo, ya sea la pérdida de su estructura (por causa de la erosión, sedimentación, disgregación o compactación) y fertilidad (materia orgánica, nutrientes), esté estrechamente vinculada con la reducción de las poblaciones o la pérdida cuantitativa y cualitativa de invertebrados esenciales de la macrofauna edáfica que controlan el ciclo de la materia orgánica y la producción de agregados biogénicos (Villota, 2014).

1.11. Índices de diversidad

1.11.1. Índice de Shannon

El índice de Shannon es uno de los más comúnmente usados, ya que permite calcular el índice de diversidad y a su vez se discute su utilización como herramienta de análisis. La fórmula del cálculo es: $H = - \sum_{i=1}^S p_i \log p_i$ donde p_i representa la proporción de cada especie en la población, la sumatoria es sobre las "S" especies ($i=1,2,\dots,S$). El Índice de Diversidad de Shannon mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción en que

existen en una población. El índice H aumenta cuando:

- 1) El número de especies aumenta
- 2) Los individuos se distribuyen uniformemente.

El índice de Shannon se utiliza en agroforestería porque permite sintetizar una gran cantidad de información en una sola cifra (Calderón, 2017).

El índice de Shannon se define como:

$$-\sum_{i=1} p_i \ln p_i$$

En donde:

Pi= proporción de especies

n= numero de especies (riqueza de especies)

ln= logaritmo natural

1.11.2. Índice de Simpson

El índice de Simpson establece la probabilidad de que dos individuos seleccionados de manera aleatoria de una muestra pertenezcan a las mismas especies. Está fuertemente influida por la importancia de las especies más predominantes como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1-\lambda$). Por lo tanto, el índice de diversidad de Simpson (1-D) varía entre cero y uno donde el sitio más diverso es el que más se acerca a cero. Según Simpson desarrolló un estimador insesgado (λ) para muestreos en poblaciones infinitas (Salmerón, 2017).

El índice de Simpson se define como:

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

Donde:

$$N(N-1)$$

D: Índice de Simpson

n: Número total de organismos de una especie

N: Número total de organismo de todas las especies

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del lugar del proyecto

El presente trabajo se realizó en el centro de apoyo de Río Verde perteneciente a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, que está ubicada a 25 km del cantón de Santa Elena, aproximadamente a 54 msnm, sus coordenadas geográficas son 2°,18',17.51" de latitud sur, 80°,41'56.28" de longitud oeste. Su climatología se presenta en dos estaciones, los meses lluviosos son de diciembre a abril, con precipitaciones de 125 a 150 mm/año y la temporada cálida abarca de mayo a noviembre, además presenta un suelo franco arcillo limoso.

El clima de Río Verde es tropical, las precipitaciones durante los veranos son significativamente superiores a las de los inviernos. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Aw. La temperatura en este lugar es de aproximadamente 23.6 °C, según determina el análisis estadístico. En un año, la precipitación es de 784 mm.



Figura 1: Ubicación de estudio Centro de prácticas Río Verde-Santa Elena.

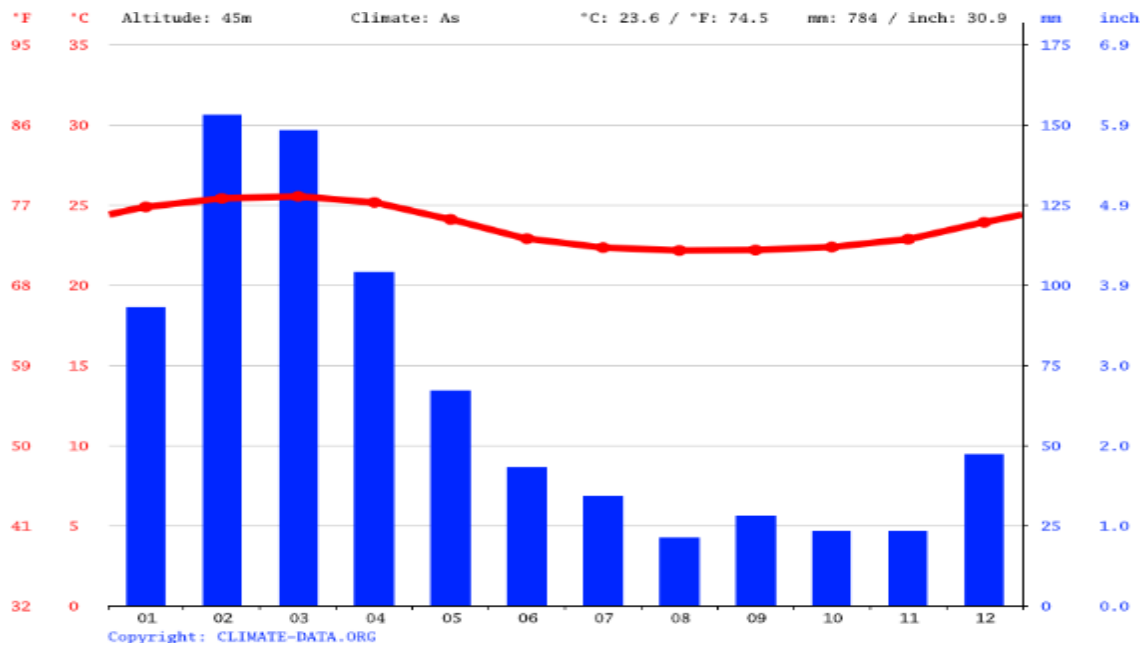


Figura 2: Climograma de Río Verde con sus precipitaciones (mm) y temperaturas (°C).

El Centro de Apoyo Río Verde es, por lo tanto, un entorno representativo y adecuado para llevar a cabo estudios de caracterización de la macrofauna edáfica, en este caso un muestreo en dos usos de tierra que son: bosque tropical seco y cultivos de ciclo corto que en este caso son maíz y pimiento, la recolección de la macrofauna edáfica se identificara desde el MON 1-8 en ambos tipos de uso de suelo, así proporcionando datos valiosos para entender la dinámica del suelo y su relación con las prácticas agrícolas y de conservación en la región.



Figura 3: Ubicación de los diferentes puntos donde se realizó el muestreo de la macrofauna edáfica del suelo en el centro de apoyo de Río Verde.

2.2. MATERIALES Y EQUIPOS

2.2.1. *Materiales de campo*

- Kit entomológico
- Bandeja plástica
- Espátula
- Pala
- Machete
- Frascos herméticos
- Fundas Ziploc

2.2.2. *Materiales de laboratorio*

- Guantes de nitrilo
- Mascarillas KN95
- Mandil
- Etiquetas de papel
- Pinzas de puntas recubiertas

2.2.3. *Equipos*

- Laptop Lenovo
- Estereoscopio MOTIC LED, SMZ-171 TLED

2.2.4. *Reactivos*

- Alcohol al 70%
- Formol al 35%

2.2.5. *Libros y colección*

- Libro R, Catalogo Taxonómico de Invertebrados

2.2.6. *Software*

- R Studio V 2023.06.1 +524
- R versión 4.3.1
- QGIS 3.28 LTR

- Motic Images Plus 3.0

2.3. DISEÑO EXPERIMENTAL

2.3.1. Tipo de investigación

El estudio como tal es un no experimental pues clasifica variables ya establecidas dentro de un entorno, así como la relación que pueda existir entre ellas, por ello se hace necesario la aplicación de una prueba de varianza no paramétrica con la cual se podrá analizar las relaciones entre estas variables.

2.3.2. Esquema de muestreo aleatorio estratificado

Es la selección de una población a partir de la cual se elige una muestra, dividida por estratos del área, seleccionándose mediante un procedimiento aleatorio simple los lugares donde se realizará el muestreo. Utilizando este método, se reduce la probabilidad de que haya áreas sin muestreo, este tipo de muestreo facilita la distinción de subgrupos y subpoblaciones de forma más efectiva (Valdivieso, 2021).

2.3.3. Descripción de las variables

2.3.3.1. Número de individuos

Corresponde a la suma total de todos los individuos colectados por monolito y uso, dato que servirá para evaluar la biodiversidad del suelo.

2.3.3.2. Densidad

Variable que no es más que la concentración de individuos por una determinada área, para este estudio se limitó a un metro de cuadrado de manera que esta variable será expresada en ind.m².

2.3.3.3. Riqueza (S)

Es la diversidad de especies sin considerar su abundancia relativa, es decir, solo toma en cuenta cuántas especies distintas existen en un área determinada.

2.3.3.4. Igualdad (J)

Es la distribución equitativa y balanceada de individuos entre las distintas especies y grupos funcionales dentro del ecosistema del suelo.

2.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Se consideraron tres fases: la primera de recolección de información y selección de sitios de muestreo; la segunda incluye el procesamiento de muestreo y de muestra, recolección en campo, extracción, preparación de muestras e identificación de los organismos recolectados y; la tercera se tratará del procesamiento de la información y preparación de resultados, además de crear una base de datos a partir de la información disponible, registrar e indexar información así como calcular indicadores de fauna y gráficos de comportamiento.

2.4.1. Primera fase: selección de las áreas de muestreo

Se realizó un recorrido en el área destinada para el muestreo de la macrofauna, las tomas de muestra fueron de forma aleatoria, en este caso se incluyó un área de bosque seco tropical y un área de cultivo de ciclo corto en el Centro de apoyo Río Verde.

Para la recolección de la macrofauna se siguió la metodología de Tropic Soil Biology and Fertility (TSBF), mediante el estudio de monolitos.

2.4.2. Segunda fase: procesamiento de muestreo y de muestra

2.4.2.1 Muestreo de la fauna edáfica

Las unidades de muestreo tendrán un tamaño de 25 x 30 cm y 20 cm de profundidad, considerando una distancia máxima de 20 m entre unidades de muestreo, de acuerdo con un diseño completamente al azar, donde la macrofauna se recolectará manualmente en sitio. Se realizarán 8 unidades básicas de muestreo para ambos usos del suelo.

El contenido del suelo debe tomarse por unidad de muestreo y almacenarse en bandejas de plástico o mantas de polietileno y todos los organismos visibles deben recolectarse utilizando pinzas apropiadas.

2.4.2.2. Procesamiento de muestra

Manejo de los invertebrados en el laboratorio

Luego de finalizar el muestreo de la macrofauna edáfica en los sitios seleccionados se procedió a llevar las muestras al laboratorio, con la finalidad de limpiar los residuos de tierra que aun contenían, luego hacer un conteo manual de los invertebrados, para luego ser colocados en frascos de vidrio o plástico con tapa que contengan 4% de formaldehído para preservar las lombrices y 70% de alcohol etílico para preservar los otros organismos, y se debe colocar una pequeña etiqueta en el frasco con información como: lugar de recolección, número del cuadrante en estudio y fecha.

Identificación y procesamiento de la imagen de los organismos del suelo

Se realizó la identificación taxonómica a nivel de orden y familia, luego se realizará la identificación funcional considerando los cuatro gremios básicos: detritívoros, herbívoros, depredadores y omnívoros. Después de la identificación se procedió al procesamiento de la imagen con la ayuda del estereoscopio MOTIC LED, SMZ-171 TLED y el software Motic Images Plus 3.0 para así obtener una imagen de alta calidad.

Luego los datos obtenidos se colocarán en la siguiente tabla informativa para así tener un inventario de la fauna edáfica extraída del sitio donde se realizó el muestreo.

Tabla 3: Inventario de la fauna edáfica extraída en el centro de apoyo Río Verde.

ORGANISMOS DE LA MACROFAUNA	SISTEMA 1 BOSQUE SUBHÚMEDO		SISTEMA 2 CULTIVOS DE CICLO CORTO	
	No. De tipos de organismos	No de individuos por tipo	No. De tipos de organismos	No de individuos por tipo
Cochinillas				
Escarabajos				
Milpiés				
Lombrices				
Termitas				
Total de detritívoros				
Cucarachas				
Hormigas				
Total de Omnívoros				
Escarabajos				
Chinches y salta montes				
Total de herbívoros				
Escarabajos				
Arañas				
Ciempiés				
Total de depredadores				
Otros organismos no identificados				
TOTAL DE LA MACROFAUNA				

2.4.3. Tercera fase: procesamiento de la información de la fauna edáfica extraída

Incluye un inventario taxonómico de la macrofauna edáfica en el área de estudio y la riqueza, diversidad, abundancia y características taxonómicas de diferentes grupos funcionales de la fauna edáfica en dos diferentes usos del suelo.

Evaluación de la conducta de las variables biológicas, físicas y químicas según el uso de suelo

Se utilizaron indicadores faunísticos edáficos para evaluar los diferentes usos y manejos del suelo seleccionados para el estudio. Nos centraremos en las dos categorías de mayor impacto, la primera es el indicador detritívoro/no detritívoro y la segunda es el indicador lombriz/hormiga, donde se sabe que hay más individuos (detritívoros y lombrices) en suelos de alta calidad, y por lo tanto donde el número de individuos son menores

(generalmente no detritívoros y hormigas) en suelos de baja calidad. El grupo no detritívoro incluye la presencia de los siguientes tres grupos: herbívoros, omnívoros y depredadores.

Análisis de las relaciones entre los parámetros biológicos con los parámetros físicos químicos del suelo

Mediante la aplicación de métodos estadísticos multivariados apropiados, se establecen relaciones entre indicadores biológicos, físicos y químicos para evaluar el impacto del uso y manejo del suelo

2.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.5.1. Test Kruskal-Wallis

Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar si existían diferencias significativas entre más de dos grupos funcionales de macrofauna edáfica, comparando más de dos muestras para determinar si pertenecían a la misma población, o si existían diferencias significativas entre poblaciones (Ortega, 2022).

2.5.2. TSBF

Tropical Soil Biology and Fertility Se enfoca en la identificación, cuantificación y análisis de la macrofauna del suelo, así como en la medición de propiedades físicas y químicas del suelo, permitiendo una comprensión integral de la dinámica del ecosistema (Cotrina, 2022).

2.5.3. Spearman Rho

La función d Spearman es una herramienta estadística que busca establecer relaciones lineales entre dos variables sin que esta relación se deba al azar, sino que obedezca a fundamentos estadísticos.

La estimación de la correlación se Spearman viene dada por:

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

donde D es la diferencia entre los correspondientes estadísticos de orden de $x - y$. N es el número de parejas de datos (Apaza Zúñiga *et al.*, 2022).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Zonificación del área de estudio

Usos de la tierra

En la siguiente **Tabla 4** podemos identificar los dos usos de tierra y las características de cada una de ellas.

Tabla 4: Características de los usos de tierras.

Uso de tierra	Características
Bosque seco (BSTr)	El bosque seco tropical, se caracteriza por ser una zona de biodiversidad rica, en las condiciones ambientales en la que se espera favorezcan la existencia de una amplia variedad de organismos edáficos adecuado para estudiarlos y a su vez evaluar su rol como bioindicadores de la salud del suelo y del ecosistema en general, en dependencia su estado de conservación. El grado de intervención en el suelo generalmente varía de bajo a moderado (Tomalá Reyes, 2020).
Cultivos de ciclo corto (CCC)	Los cultivos de ciclo corto como el pimiento (<i>Capsicum annuum</i>) y el maíz (<i>Zea mays</i>) son comunes en la zona, hacen que el suelo se convierta en un hábitat variable, adecuado para el estudio de la macrofauna edáfica como bioindicador. La relación entre los ciclos de cultivo y las prácticas de manejo ofrece información importante sobre el impacto agrícola en los organismos del suelo y en la salud general del ecosistema (Guamán Guamán <i>et al.</i> , 2020).

3.2. Análisis de las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos

La caracterización de las propiedades de los suelos en los sitios de estudio se muestra en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Análisis estadístico de las observaciones para las variables en estudio en los dos tipos de usos de tierra.

Uso	Variable	N	Media	Mediana	Ds	DIQ	Mínimo	Máximo	Q25,25%	Q75,75%
BSTr	pH	8	6,21	6,20	0,25	0,35	5,90	6,60	6,00	6,35
BSTr	NH4	8	8,50	8,00	3,70	3,75	5,00	16,00	5,75	9,50
BSTr	P	8	35,25	28,50	26,39	46,00	8,00	71,00	11,75	57,75
BSTr	MO	8	1,44	1,35	0,60	0,60	0,90	2,70	0,98	1,58
BSTr	Rca_Mg	8	2,73	2,47	0,65	0,59	2,16	4,03	2,30	2,89
BSTr	RMg_K	8	5,80	4,70	2,57	3,50	3,35	9,82	4,00	7,50
BSTr	RCaMg_K	8	20,97	18,37	8,07	11,40	12,82	34,07	14,69	26,09
BSTr	Ntotal	8	0,21	0,21	0,04	0,05	0,15	0,27	0,20	0,24
BSTr	Na	8	0,15	0,14	0,08	0,06	0,08	0,34	0,11	0,16
BSTr	K	8	1,47	1,31	0,68	0,86	0,57	2,56	1,07	1,93
BSTr	Ca	8	10,34	8,96	4,05	3,92	6,04	17,12	7,83	11,75
BSTr	Mg	8	4,48	4,04	1,43	1,19	3,21	7,47	3,58	4,77
BSTr	Suma	8	16,56	15,00	5,21	5,33	11,00	25,00	13,00	18,33
BSTr	CIC	8	20,00	19,00	5,45	10,00	12,00	26,00	16,00	26,00
BSTr	H	8	1,01	0,91	0,45	0,76	0,50	1,65	0,67	1,43
BSTr	D	8	0,51	0,50	0,17	0,19	0,22	0,74	0,44	0,63
BSTr	S	8	5,75	5,50	3,37	6,25	2,00	10,00	2,75	9,00
BSTr	J	8	0,69	0,69	0,23	0,28	0,36	1,00	0,53	0,81
BSTr	Det	8	188,00	184,00	183,38	232,00	0,00	496,00	24,00	256,00
BSTr	Dep	8	52,00	32,00	63,28	32,00	0,00	192,00	16,00	48,00
BSTr	Herb	8	28,00	24,00	30,54	40,00	0,00	80,00	0,00	40,00
BSTr	Omn	8	258,00	104,00	362,39	332,00	0,00	1040,00	12,00	344,00
CCC	pH	8	6,64	6,70	0,23	0,25	6,30	7,00	6,48	6,73
CCC	NH4	8	5,88	5,50	2,47	3,25	3,00	10,00	4,00	7,25
CCC	P	8	20,13	17,50	6,24	10,50	14,00	30,00	15,50	26,00

CCC	MO	8	0,95	0,95	0,43	0,63	0,40	1,60	0,60	1,23
CCC	Rca_Mg	8	2,55	2,51	0,31	0,41	2,16	3,13	2,31	2,72
CCC	RMg_K	8	11,13	11,55	3,05	3,16	5,82	15,58	9,38	12,54
CCC	RCaMg_K	8	39,17	40,74	9,43	7,51	19,29	49,26	36,60	44,10
CCC	Ntotal	8	0,22	0,21	0,04	0,04	0,18	0,30	0,20	0,24
CCC	Na	8	0,90	0,73	0,63	0,41	0,50	2,38	0,52	0,92
CCC	K	8	0,95	0,93	0,34	0,27	0,58	1,70	0,73	1,00
CCC	Ca	8	17,56	17,96	2,63	1,86	12,43	21,58	16,83	18,69
CCC	Mg	8	7,88	8,05	1,02	1,00	6,13	9,37	7,38	8,37
CCC	Suma	8	27,29	27,65	3,57	4,50	21,00	32,00	25,50	30,00
CCC	CIC	8	32,00	32,00	6,76	4,50	22,00	44,00	29,00	33,50
CCC	H	8	0,35	0,00	0,50	0,76	0,00	1,15	0,00	0,76
CCC	D	8	0,58	0,59	0,42	0,63	0,00	1,00	0,38	1,00
CCC	S	8	1,38	1,00	1,51	2,25	0,00	4,00	0,00	2,25
CCC	J	8	0,34	0,00	0,47	0,84	0,00	1,00	0,00	0,84
CCC	Det	8	18,00	0,00	33,60	16,00	0,00	80,00	0,00	16,00
CCC	Dep	8	6,00	0,00	8,28	16,00	0,00	16,00	0,00	16,00
CCC	Herb	8	6,00	0,00	8,28	16,00	0,00	16,00	0,00	16,00
CCC	Omn	8	2,00	0,00	5,66	0,00	0,00	16,00	0,00	0,00

VARIABLES DE INTERÉS COMO EL N TOTAL EN EL SUELO EN BSTr CONTIENE UNA MAYOR CONCENTRACIÓN PROMEDIO (8 mg/kg) EN COMPARACIÓN CON CCC (5.50 mg/kg). ANDRADE OCHOA *et al.* (2015), AFIRMA QUE UN MAYOR CONTENIDO DE AMONIO EN SUELOS NATURALES COMO BSTr PUEDE ESTAR RELACIONADO CON UNA TASA DE MINERALIZACIÓN ESTABLE QUE BENEFICIA LA DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO PARA LAS PLANTAS Y MICROORGANISMOS.

LOS SUELOS DE BSTr PRESENTAN UN MAYOR CONTENIDO DE FÓSFORO (28.50 mg/kg) COMPARADO CON LOS SUELOS DE CCC (17.50 mg/kg), LO CUAL PODRÍA RELACIONARSE CON LA ACUMULACIÓN DE RESTOS VEGETALES Y MENOR PERTURBACIÓN EN ESTOS SUELOS. A PESAR DE QUE SE ESPERABA UN RESULTADO DISTINTO DEBIDO A LAS FERTILIZACIONES EN EL CULTIVO. ESTA PRESENCIA DE FÓSFORO ES ESENCIAL PARA EL CRECIMIENTO DE LA VEGETACIÓN Y LA FAUNA EDÁFICA, DE ACUERDO CON (Cruz and Yadirsa, 2021), LOS SUELOS ABUNDANTES EN FÓSFORO PROMUEVEN UNA DIVERSIDAD DE MACROFAUNA EDÁFICA. EN LO QUE RESPECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EL SUELO DE BSTr MUESTRA UNA MEDIANA DE 1.35%, EN CAMBIO EL SUELO DE CCC MUESTRA UN VALOR INFERIOR AL 0.95%. ESTO COINCIDE CON LOS ESTUDIOS DE (Lezcano *et al.*, 2020), QUE INDICAN QUE LOS SUELOS DE BOSQUE SECO TROPICAL NATURAL POSEEN UN ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA A CAUSA DE LA DESINTEGRACIÓN CONSTANTE DE LA VEGETACIÓN LO QUE POTENCIA LA CONSERVACIÓN DE NUTRIENTES Y LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LOS SUELOS.

EN EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS ENTRE EL BOSQUE SECO TROPICAL (BSTr) Y LOS CULTIVOS DE CICLO CORTO (CCC) SE ENCONTRARON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS DE ACUERDO A UNA PRUEBA DE KRUSKAL-WALLIS Y CONFIRMADO MEDIANTE POSTHOC BONFERRONI PARA UN 95% DE PROBABILIDAD (**Figura 4 y 5**), EN LAS VARIABLES RELACIONADAS A LAS BASES ALCALINO-TERREAS: pH (p-valor = 0.0070); RMg_k (p-valor = 0.0063); RCaMg_K (p-valor = 0.0039); Na (p-valor = 0.0009); Ca (p-valor = 0.00039); Mg (p-valor = 0.0019); Suma (p-valor = 0.0032); CIC (p-valor = 0.0041).

- **pH (p-valor = 0.0070)**

EL pH DEL SUELO EN BSTr MUESTRA UN VALOR DE LA MEDIANA ES DE 6.20, MIENTRAS QUE EN CCC ES DE 6.70, SUGIRIENDO QUE LOS SUELOS DE CCC SON LIGERAMENTE MÁS ALCALINOS. SEGÚN SALEEM, (2020), LOS SUELOS LIGERAMENTE ÁCIDOS O NEUTROS, COMO EN BSTr, SON MÁS ADECUADOS PARA LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DEL SUELO Y PARA EL CRECIMIENTO DE UNA COMUNIDAD DIVERSA DE MACROFAUNA, LO QUE BENEFICIA LOS PROCESOS DE DESCOMPOSICIÓN Y REICLAJE DE NUTRIENTES.

- **Relación Mg/K (RMg_K) (p-valor = 0.0063) y Relación CaMg/K (RCaMg_K) (p-valor = 0.0033)**

Estas relaciones iónicas son significativas entre los diferentes usos de la tierra. Esto podría indicar que las prácticas asociadas a cada uso afectan el equilibrio de nutrientes y minerales en el suelo, influyendo en la proporción de magnesio, calcio y potasio. Esta variación en las relaciones de nutrientes se ha documentado como un efecto de las prácticas de fertilización y enmiendas orgánicas que modifican el balance de cationes en el suelo (Aguirre Vásquez, 2017). La relación Mg/K, por ejemplo, es importante para el crecimiento de las plantas y la estructura del suelo, y un desequilibrio podría afectar negativamente la productividad agrícola (Ruales Torres, 2019).

- **Na (Sodio) (p-valor = 0.0008)**

La concentración de sodio varía significativamente entre los usos de la tierra, esto está relacionado con prácticas específicas de manejo del suelo que afectan el contenido de sodio y su impacto en la estructura del suelo. Según (Marchese Morales, 2015), un exceso de sodio puede llevar a la compactación del suelo, afectando la infiltración y la disponibilidad de agua para las plantas, y creando condiciones desfavorables para muchos organismos del suelo.

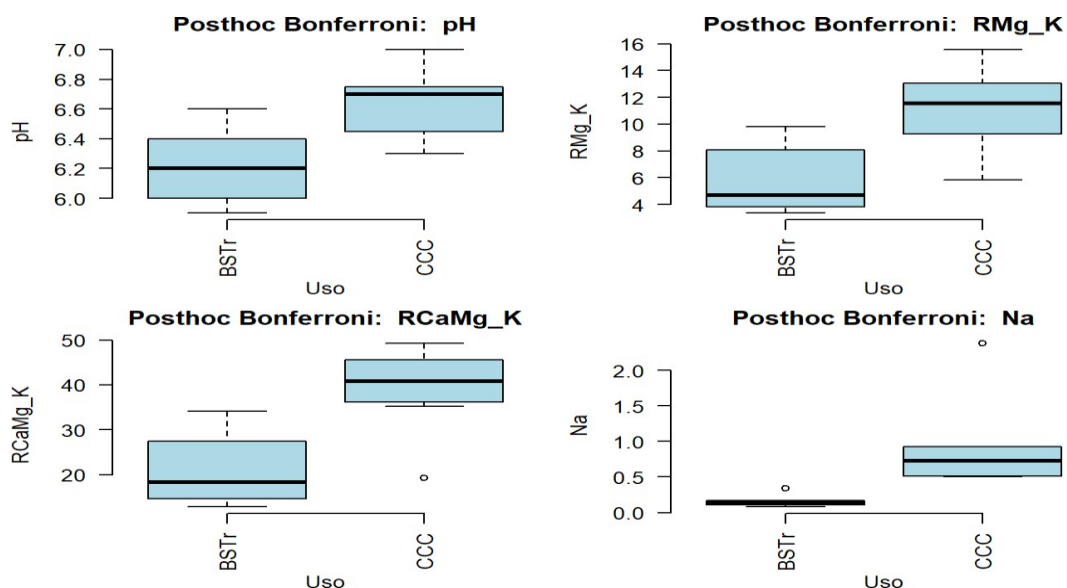


Figura 4: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en las variables del suelo pH, RMg_K, RCaMg_k y Na entre los dos usos de tierra BSTr y CCC.

- **Ca (Calcio) (p-valor = 0.0033) y Mg (Magnesio) (p-valor = 0.0016)**

Las diferencias significativas en calcio y magnesio entre usos de la tierra reflejan cómo el manejo afecta la disponibilidad de estos nutrientes esenciales. Ambos elementos son fundamentales para la estabilidad de la estructura del suelo y para procesos fisiológicos en las plantas (Ferro *et al.*, 2020). Según (Cashpa Jara and Pillhuaman Cosavalente, 2022), la reducción en estos nutrientes, en ciertos tipos de uso, puede disminuir la fertilidad del suelo y la resistencia a la erosión. En cuanto a los cationes individuales, los valores de calcio (Ca) y magnesio (Mg) son mayores en CCC (17.95 y 8 mg/kg, respectivamente) que en BSTR (8.95 y 4.04 mg/kg). Según (Cruz-Macías *et al.*, 2020), una mayor concentración de cationes en suelos agrícolas es común debido a la fertilización, aunque esto no siempre favorece la actividad biológica del suelo a largo plazo.

- **Suma de Bases (Suma) (p-valor = 0.0027) y Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) (p-valor = 0.0035)**

La variabilidad en la Suma de Bases y la CIC indica diferencias en la fertilidad del suelo entre usos de la tierra. La CIC es esencial para la habilidad del suelo de retener y proporcionar nutrientes vitales a las plantas, según investigaciones indican que las prácticas de uso intensivo suelen disminuirla, reduciendo de este modo la capacidad del suelo para mantener la productividad (Calero Hurtado *et al.*, 2023).

La CIC en los suelos de CCC es notablemente superior (32 cmol/kg) en comparación con los suelos de BSTR (19 cmol/kg), lo que podría atribuirse a la gestión agrícola y a la incorporación de fertilizantes en los suelos de CCC. No obstante, un incremento en la CIC en CCC no significa necesariamente un aumento en la biodiversidad edáfica, dado que podría ser un indicativo de prácticas de agricultura intensiva que podrían impactar de manera adversa a la comunidad de la macrofauna (Reyes-Palomino *et al.*, 2022).

El estudio de los suelos muestra que los suelos del Bosque Seco Tropical tienen propiedades más propicias para el crecimiento de una comunidad variada de macrofauna, con un incremento en la riqueza y abundancia de especies edáficas con niveles de nutrientes apropiados para mantener dicha biodiversidad. Los suelos de CCC, aunque muestran una CIC elevada y altos niveles de cationes, presentan una menor diversidad y abundancia de

macrofauna, lo cual podría impactar negativamente en la sostenibilidad a largo plazo del suelo bajo manejo agrícola intensivo (Viera-Arroyo *et al.*, 2020).

La diferencia en las características químicas y fisicoquímicas pueden atribuirse al manejo específico de las áreas de cultivo donde prácticas como la fertilización y el riego pueden estar condicionando la acumulación de bases en el horizonte superficial dado el régimen evaporítico que caracteriza la zona. Las condiciones en el uso BSTR sugiere que estos ecosistemas pueden actuar como bioindicadores de calidad del suelo gracias a su estabilidad y variedad edáfica, mientras en los suelos de CCC es imprescindible aplicar practicas sustentables para optimizar la calidad del suelo.

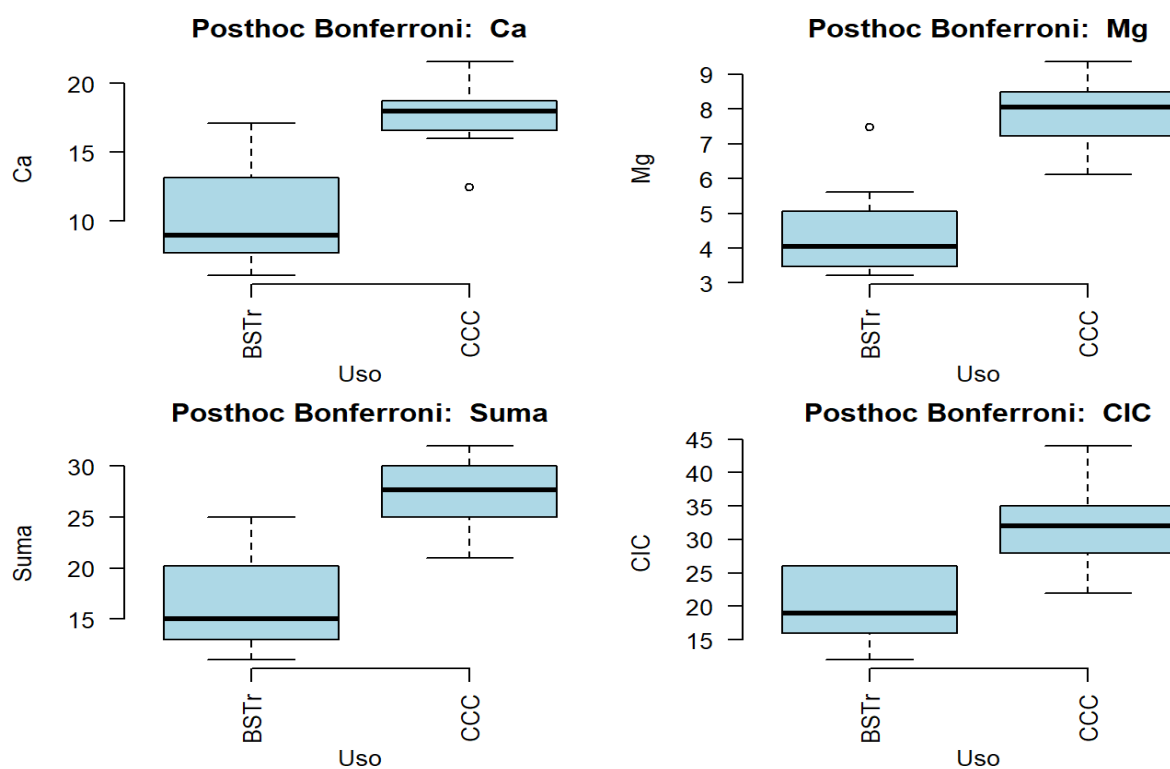


Figura 5: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en las variables de suelo Ca, Mg, Suma de bases, CIC entre los dos usos de tierra BSTR y CCC.

3.3. Determinación de la biodiversidad de macroinvertebrados.

3.3.1. Número total de individuos

Se registraron un total de 4,208 individuos (ind.m²) en el uso de tierra de bosque seco tropical (BSTr) y 256 individuos (ind.m²) en el de cultivo de ciclo corto (CCC). En BSTr, las especies más abundantes fueron las hormigas (*formicidae*), seguido de las termitas (*termitidae*), y finalmente las cochinillas (*Porcellionidae*). Esto es consistente con estudios previos que indican que estos grupos son muy comunes en los suelos de bosques tropicales secos, donde desempeñan un rol vital en el reciclaje de nutrientes y la degradación de materia orgánica (Ramírez-Barajas *et al.*, 2019).

En cambio las tijeretas (*Carcinophoridae*) y las cochinillas (*Porcellionidae*) predominan en los cultivos de ciclo corto (CCC) debido a su alta capacidad de adaptación a ambientes alterados y perturbados, como se indica en estudios de Luna *et al.* (2023), quienes sugieren que estos insectos se benefician de la materia orgánica disponible y de la estructura simple del suelo agrícola.

A continuación en la siguiente **figura 6** se puede observar el número total de individuos.

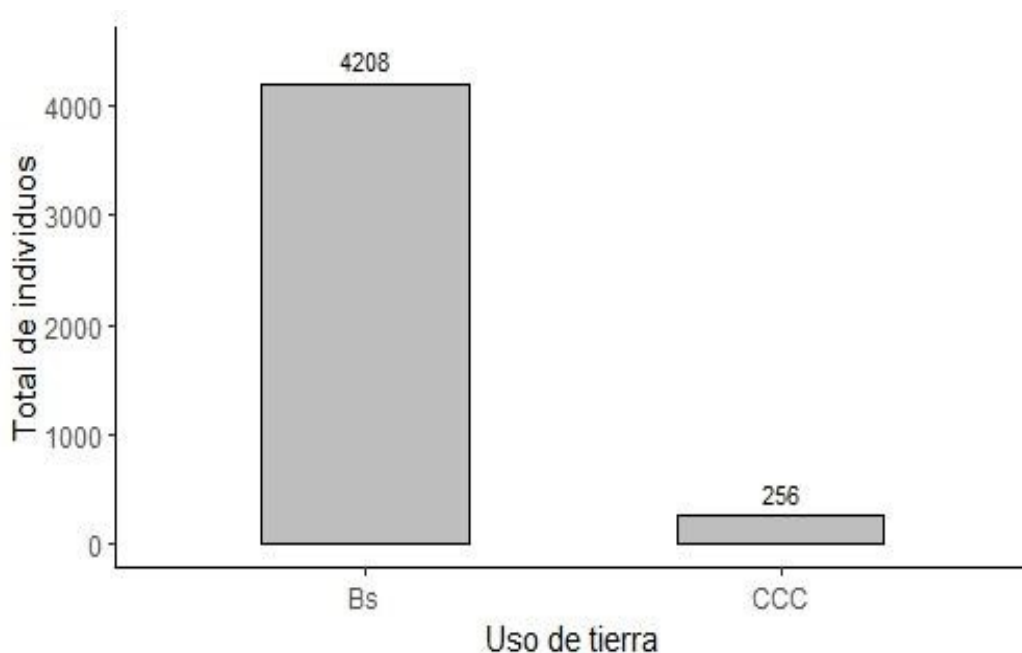


Figura 6: Número total de individuos por cada uso de tierra.

3.3.2. Familias encontradas

Se identificaron diversas familias de macrofauna edáfica en los distintos usos de tierra estudiados. En el bosque seco tropical (BSTR), se identificó 29 familias y las más representativas incluyeron las familias *Myrmicinae*, *Formicidae*, *Termitidae*, *Philosciidae* o *Rhyscotidae*, y *Porcellionidae*, que mostraron una alta abundancia y diversidad (**Tabla 5**).

Muñoz *et al.*(2022) destaca que estas familias contribuyen significativamente a la estructura y fertilidad del suelo al participar en la descomposición de materia orgánica y la formación de agregados del suelo.

En el uso de tierra de cultivo de ciclo corto (CCC), se identificaron 20 familias y las más destacadas fueron *Carcinophoridae* y *Porcellionidae*, aunque con menor número de individuos en comparación con el BSTR. Muñoz *et al.* (2022) señalan que el disturbio y la frecuencia de labranza en suelos agrícolas limitan la abundancia y diversidad de macrofauna edáfica, favoreciendo solo a especies más resilientes. (**Tabla 6**).

La presencia de estas familias refleja la variabilidad en la composición de la fauna edáfica según el tipo de uso del suelo y sugiere un impacto diferencial en la biodiversidad del suelo entre los dos tipos de uso estudiados.

Tabla 6: Composición taxonómica y funcional de las comunidades de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.

Nombre común	Familia	Subfamilia	Grupo funcional	Sistemas de uso de la tierra	
				Bosque seco (BSTR)	Cultivo de ciclo corto (CCC)
Termitas	Termitidae		Detritívoros	736	16
Cochinillas	Philosciidae o Rhyscotidae		Detritívoros	384	
	Pocellionidae		Detritívoros	256	48

	Isópoda	Detritívoros	64	
	Indeterminada			
	Platyarthridae	Detritívoros	64	
Lombrices	Glossoscolecidae	Detritívoros		16
Tijeretas	Carcinophoridae	Detritívoros		64
Arañas	Aranae	Depredadores	144	
	Indeterminadas			
	Araneidae	Depredadores	16	
	Gnaphosidae	Depredadores	16	16
	Corinnidae	Depredadores	32	16
Ciempíes	Geophilidae	Depredadores	112	
Escarabajos	Elateridae lv	Depredadores	32	
	Staphylinidae (Scydmaeninae)	Depredadores	16	
	Scarabaeidae lv	Herbívoro	144	16
	Coleóptera indeterminada lv	Herbívoro		16
Ácaros	Hesperolpiidae	Depredadores	16	16
Escorpiones	Scorpiones Indeterminada	Depredadores	16	
Moscas	Therevidae lv	Depredadores	16	
Chinches	Rhyparochromidae	Herbívoro	16	16
	Cydnidae	Herbívoro	16	
	Pentatomidae	Herbívoro	16	
Gorgojos	Curculionidae ad	Herbívoro	16	
Grillos	Gryllidae	Herbívoro	16	

Hormigas	Formicidae	Myrmicinae	Omnívoros	1152	16
		Formicinae		848	
		Pseudomyrmecinae		48	
		Indeterminada		16	

3.4. Análisis de los índices de biodiversidad y estadística de los índices

El procesamiento de datos estadístico se llevó a cabo en RStudio 2024.04.2 Build 764. En el análisis exploratorio se incluyeron los estadísticos de posición y dispersión generales y por los datos agrupados según su uso. Se determinó el grado de asociación mediante una correlación de rangos de Spearman Rho (función `rcorr`), así como su significación estadística de los coeficientes de correlación entre las variables bajo estudio.

Las cifras de diversidad alcanzadas (**Figura 7**) para el Bosque seco tropical (BSTR) y el cultivo de ciclo corto (CCC) muestran variaciones significativas en la composición y abundancia de la macrofauna edáfica, en donde los índices de Shannon (H) varían entre 0.495 y 1.651 con una mediana de 0.90, lo que señala una diversidad de moderada a alta. Según las investigaciones de Ramírez-Barajas *et al.* (2019), señalan la relevancia de la diversidad del hábitat para preservar una alta diversidad de macrofauna en los ecosistemas tropicales.

En los monolitos 8 y 5 de BSTR se exhiben las cifras más elevadas de diversidad y equidad, lo que indica que las propiedades del suelo de estos lugares promueven una diversidad de especies. En cambio en los suelos de CCC muestran valores de Shannon que suelen ser 0 en varios monolitos, lo que señala una comunidad bastante restringida o ausente. Esto concuerda con los hallazgos de Jiménez and Neri (2015), quienes descubrieron que las prácticas de agricultura intensiva pueden provocar una considerable reducción de la biodiversidad en terrenos cultivados restringiendo así la riqueza y la igualdad de las especies de la macrofauna edáfica.

Además, los índices de Simpson (D) en BSTR, que varían de 0.222 a 0.743 con una mediana de 0.500, sugieren una distribución relativamente equitativa de las especies, mientras que en el CCC, a pesar de la variabilidad, el índice revela una dominancia en

algunas áreas, reflejando una estructura comunitaria desbalanceada. La baja riqueza de especies (S) en CCC, con una mediana de 0, reafirma el impacto negativo de las prácticas de cultivo intensivo sobre la biodiversidad, como señalan (Moran *et al.*, 2022), quienes identificaron que el manejo agrícola puede restringir las comunidades de macrofauna debido a la alteración del suelo y la reducción de recursos disponibles. Estos patrones de diversidad y riqueza reflejan la interacción entre las características del hábitat y las prácticas de manejo del suelo, enfatizando la necesidad de estrategias de conservación y manejo sostenible para promover la biodiversidad en los ecosistemas edáficos.

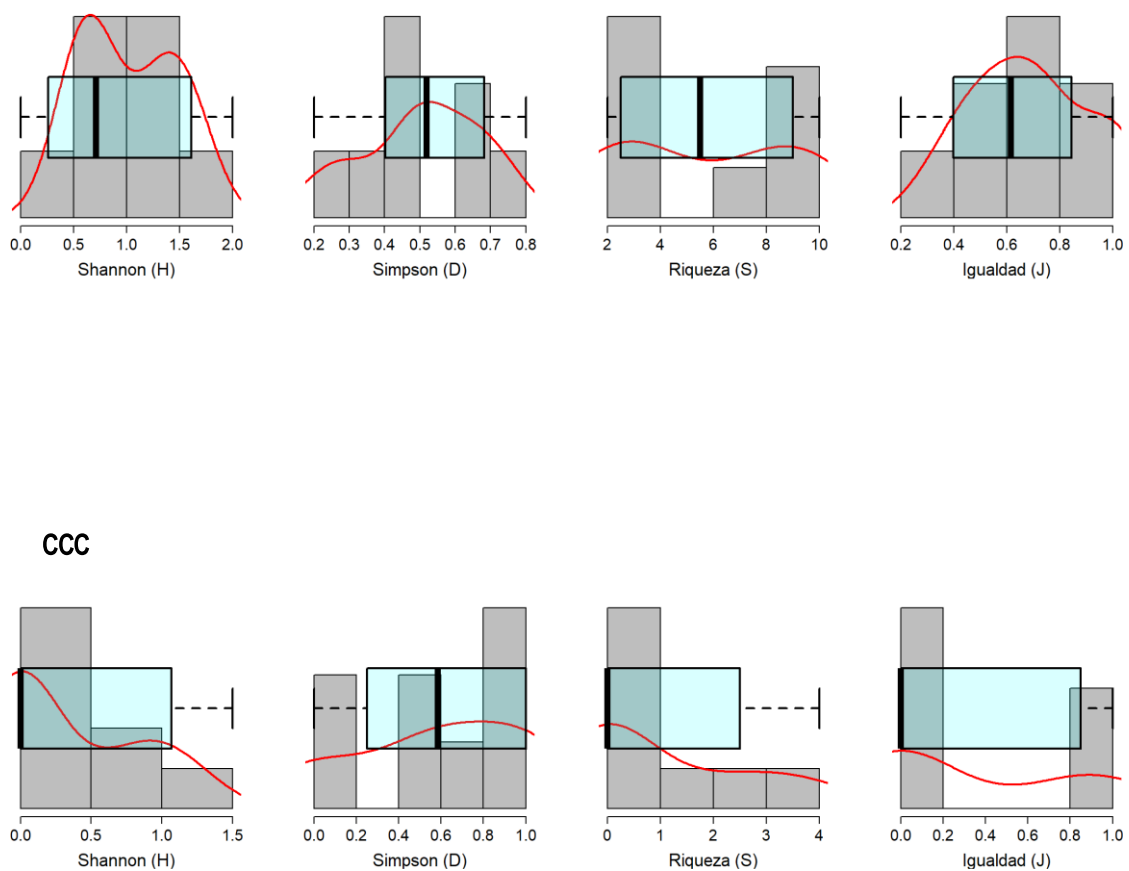


Figura 7: Índices de diversidad de la macrofauna edáfica (H': índice de diversidad Shannon, D: índice de dominancia Simpson, S: índice de riqueza, J: índice de equitatividad Pielou), en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador (BSTr: Bosque Seco Tropical, CCC: Cultivo de Ciclo Corto).

La macrofauna edáfica en BSTr presenta una mayor diversidad, riqueza y equidad en comparación con CCC. Las cifras más reducidas en CCC indican una comunidad muy restringida, probablemente impactada, por la intensidad de la utilización de actividades

agrícolas. La discrepancia de estos índices entre los dos métodos de uso de suelo resalta el impacto de gestión del suelo en la estructura y distribución de la fauna edáfica, indicando que los ecosistemas de bosque seco tropical conservan una estructura de macrofauna más compleja y balanceada en contraste con los suelos de cultivo de ciclo corto.

3.5. Curva rango abundancia por cada uso de la tierra

La curva de rango abundancia es un diagrama que organiza las especies según su abundancia, lo que facilita la observación de la distribución de especies en un ecosistema y el análisis de su diversidad.

En el ecosistema de BSTR la familia *Formicidae* (hormigas) es la más predominante con 2064 individuos, lo que refleja el 49% de la abundancia total en este tipo de suelo e indica su intensa presencia y función ecológica. Luego están las *Termitidae* (termitas) con 736 individuos lo que representa el (17.5%), que también son significativamente en el ecosistema de BSTR.

Además familias como *Philosciidae* o *Rhyscotidae*, *Porcellionidae*, (cochinillas) y *Scarabaeidae* (escarabajos) presentan menores proporciones (9.1%, 6.1% y 3.4%, respectivamente), pero también contribuyen significativamente a la biodiversidad de este hábitat (**Figura 8**).

Para CCC la abundancia es menor en comparación con el BSTR, con *Carcinophoridae* (tijeretas) como la familia dominante (25% de la abundancia total en CCC), seguida de *Porcellionidae* (cochinillas) con 18.8%, y otras familias como *Corinnidae*, *Hesperolpiidae*, y *Gnaphosidae* (arañas) presentan abundancias del 6.2%, destacando su adaptación a este tipo de ambiente agrícola.

o desigual de abundancias, por lo tanto los datos reflejan que el bosque seco tropical soporta una mayor diversidad y abundancia de familias en comparación con el suelo de cultivo de ciclo corto, donde Mancilla -Brindis *et al.* (2017), destaca la influencia del tipo de uso del suelo sobre la composición de macrofauna edáfica y que las diferencias en dominancia y abundancia entre familias en ambos suelos indican la importancia del manejo del ecosistema para mantener la biodiversidad.

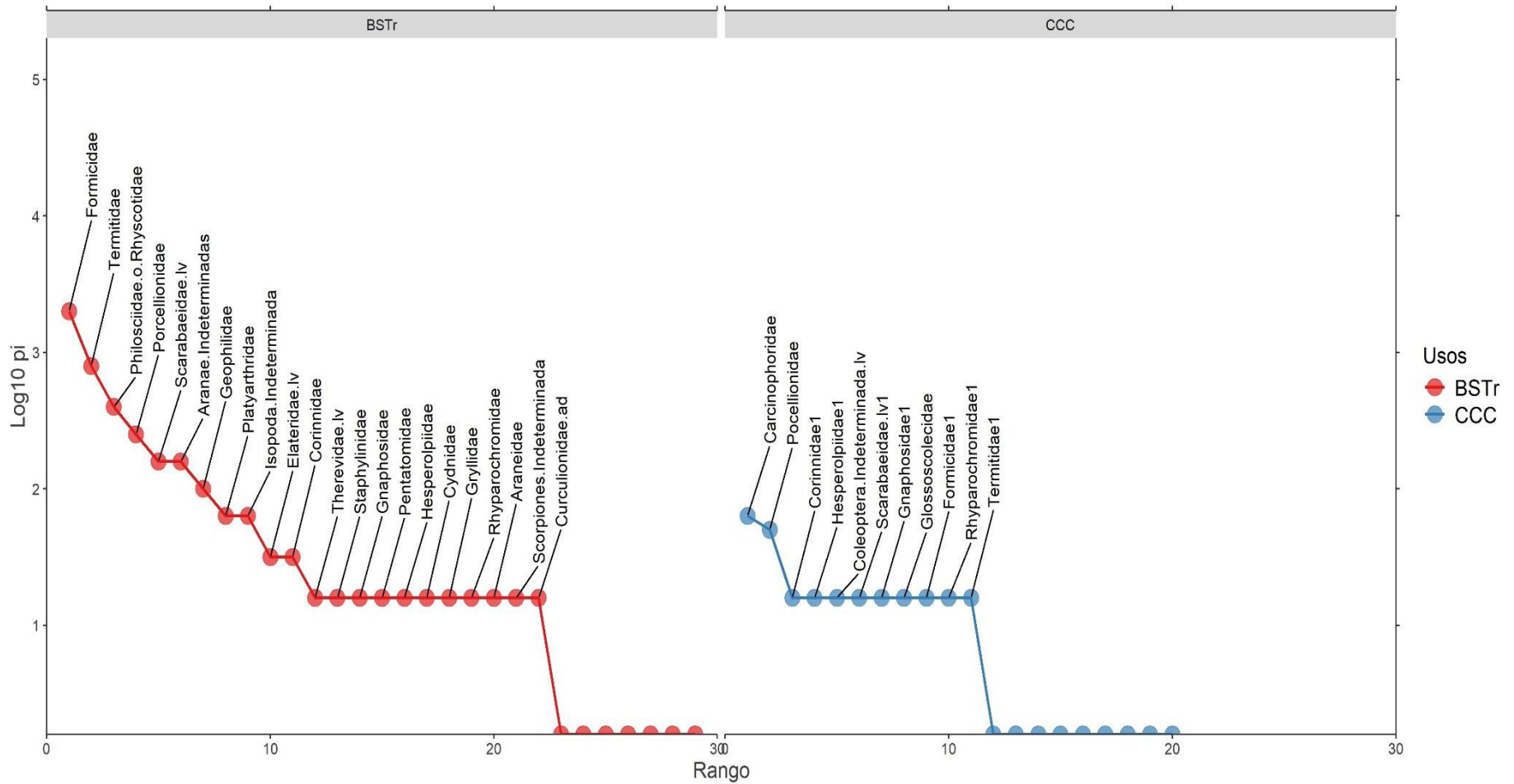


Figura 8: Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica del suelo con la riqueza de familias en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.

3.6. Grupos funcionales

En la (**figura 9**) se puede observar la densidad de individuos de los diferentes grupos funcionales (Depredadores - Dep, Detritívoros - Det, Herbívoros - Herb, y Omnívoros - Omn) en dos tipos de suelo, representando cada diagrama de cajas como el panel izquierdo y derecho. En el primer panel encontramos al BSTr, predominando los omnívoros teniendo una densidad mayor en comparación con los otros grupos, con una densidad superior a los 1 000 individuos, mientras que los detritívoros ocupan el segundo lugar en abundancia. Por otro lado, los depredadores y herbívoros presentan densidades mucho más bajas.

En el segundo panel de CCC encontramos al grupo de detritívoros con una densidad alta, seguido por los depredadores. Según el estudio de Machado-Cuellar *et al.* (2021), el tipo de hábitat influye significativamente en la abundancia de cada grupo funcional, dando como resultado que el grupo que más le favoreció fue los omnívoros como vemos en el primer panel de este estudio.

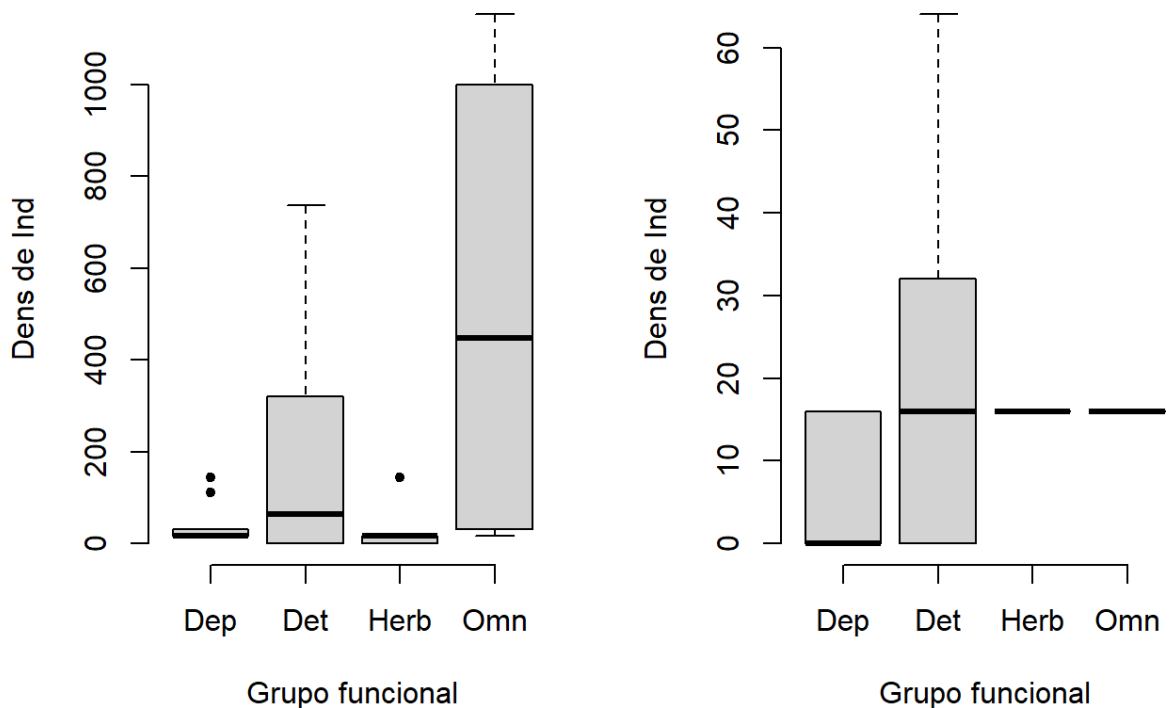


Figura 9: Diagrama de cajas (Box Plot) de la Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador. 1er panel: Bosque seco tropical (BSTr), 2do panel: Cultivo de cilo corto (CCC).

3.7. Relación detritívoros y no detritívoros por cada uso de la tierra

En la (**figura 10**) se muestra la comparación de la densidad de individuos entre dos grupos funcionales: detritívoros (Det) y no detritívoros (No.Det) en el sitio BSTR. La densidad de individuos no detritívoros es significativamente mayor que la de los detritívoros, con un valor que supera los 2000 individuos frente a un poco más de 1000 en los detritívoros.

Según Cabrera-Dávila *et al.* (2017), la distribución y abundancia de la fauna del suelo están estrechamente relacionadas con la disponibilidad de recursos y las características del hábitat, como la humedad, la temperatura y la composición de la materia orgánica. La dominancia de no detritívoros podría estar relacionada con una menor disponibilidad de materia orgánica o un ambiente menos favorable para los detritívoros, (Ramón, 2015), también señala que la fauna no detritívora, como los depredadores y omnívoros, puede prosperar en sitios con mayor diversidad estructural y recursos distintos de la materia orgánica en descomposición, como presas vivas u otros recursos alternativos.

El grupo funcional no detritívoros son el grupo dominante en términos de abundancia en este sitio, lo que podría reflejar en la disponibilidad de recursos o condiciones ambientales que favorecen a otros grupos funcionales distintos de los detritívoros en este hábitat.

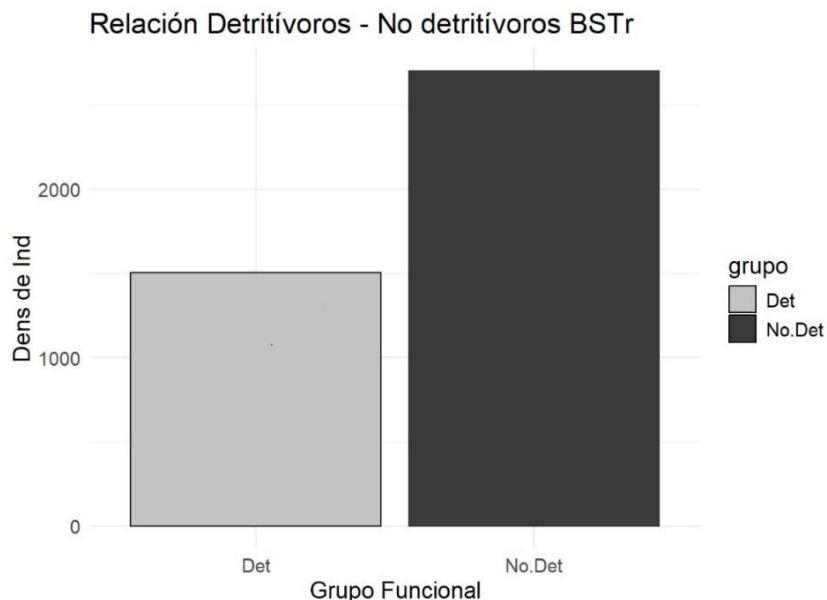


Figura 10: Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el sistemas de uso de la tierra BSTR, estudiados en Río Verde, Santa Elena, Ecuador.

En la (**figura 11**) se muestra la densidad de individuos en el sitio CCC, en este caso, los detritívoros presentan una densidad ligeramente mayor que los no detritívoros, con aproximadamente 150 individuos frente a un poco más de 100 en los no detritívoros.

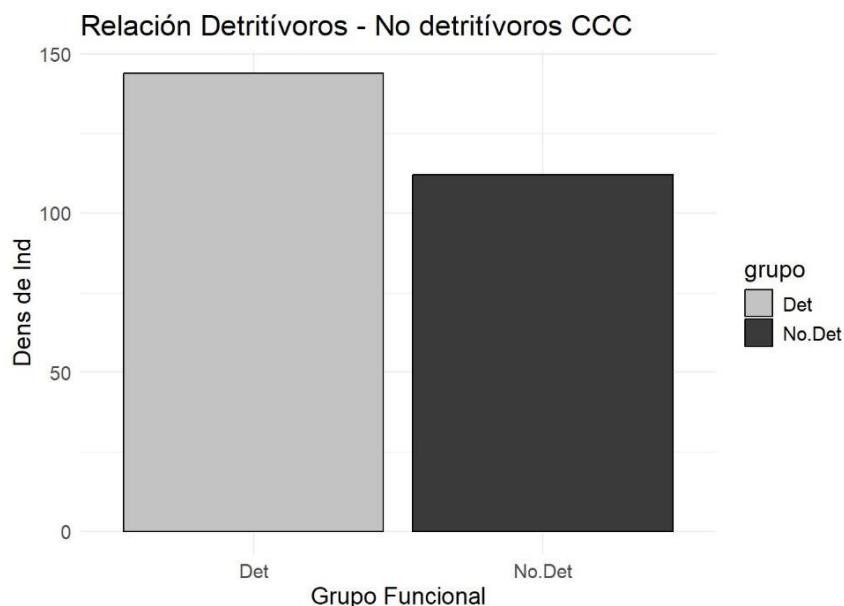


Figura 11: Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en el sistemas de uso de la tierra CCC, estudiados en Río Verde, de la provincia de Santa Elena.

El estudio Pérez and Álvarez, (2019), explican porque el grupo funcional de los detritívoros es un indicador en ambientes con abundancia de materia orgánica, destacando que estos organismos juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes y la descomposición, por lo tanto, se encuentran con mayor abundancia en estos ecosistemas que poseen vegetación arbórea en abundancia. Cristina (2016) también resalta que en sitios como los de CCC, este grupo funcional va a contribuir en la fertilidad y la estructura del suelo, aunque no se encuentran con la misma abundancia que en BSTR pero sí tiene un impacto positivo en estos usos.

Esto sugiere que, en este sitio, los detritívoros son más abundantes, lo cual podría estar relacionado con la disponibilidad de materia orgánica o condiciones ambientales que favorecen su presencia en el suelo, a diferencia de lo observado en el sitio BSTR.

3.8. Correlaciones

Se realizó el análisis de correlación de Spearman la cual analizó las relaciones entre los índices de biodiversidad de la macrofauna edáfica y las características edáficas del suelo, considerando solo las correlaciones significativas al 95% de probabilidad.

La fuerza de la correlación puede interpretarse a partir de la siguiente tabla:

Tabla 7: Interpretación de la Fuerza 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

A continuación, se interpretan las correlaciones más relevantes entre los grupos funcionales de la macrofauna:

- **Detritívoros:** Correlaciones negativas con variables como pH y Na, lo cual indica que condiciones de suelos más alcalinos o con mayores niveles de sodio pueden reducir la abundancia de este grupo. Las investigaciones de Pozo Quiroz (2020) demuestran que los detritívoros, al ser sensibles a cambios en la composición química del suelo, tienden a reducirse en ambientes con altos niveles de sodio y pH elevado, pues estas condiciones alteran la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales para la descomposición. Los suelos alcalinos y con exceso de sodio suelen mostrar menor humedad y mayor compactación, lo cual puede limitar la actividad de

descomposición que estos organismos realizan y, a su vez, reducir la calidad del hábitat para la macrofauna en general.

- **Depredadores:** La correlación entre depredadores y el fósforo fue de 0.66 siendo esta una correlación alta, sin embargo, con el Ph y la CIC tuvo una correlación inversa ya que dio como resultado -0.68, lo cual sugiere que estos organismos se benefician de suelos con mayor fertilidad y no en los suelos alcalinos. Según López *et al.* (2024), los depredadores de la macrofauna edáfica son más sensibles a las condiciones de fertilidad ya que ellos prefieren suelos con una alta disponibilidad de nutrientes, como el fósforo, ya que ofrecen una mayor actividad biológica. Los suelos menos alcalinos y con una CIC moderada suelen ofrecer un ambiente más estable y favorable para la fauna edáfica, permitiendo el desarrollo de comunidades complejas en las que los depredadores encuentran suficientes presas y condiciones óptimas para su actividad.
- **Herbívoros:** Correlación positiva media con fósforo ($Rho = 0.59$), lo que podría indicar una preferencia de estos organismos por suelos con niveles más altos de este nutriente. Las investigaciones de Luna *et al.* (2023) y Chávez *et al.* (2021) subrayan que los herbívoros de la macrofauna edáfica del suelo florecen en terrenos abundantes en fosforo dado que este componente crucial favorece a la proliferación de la fauna edáfica. También hace hincapié que el fosforo no solo promueve el desarrollo de las plantas sino que también respalda de manera indirecta la organización y el funcionamiento de la comunidad herbívora de plantas en estos ecosistemas.

3.9. Análisis de varianza Kruskal-Wallis

Se realizó el análisis estadístico de varianza Kruskal- Wallis en ambos sistemas de uso de suelo Bosque seco tropical y Cultivo de ciclo corto para para evaluar si existen diferencias significativas en las medianas de varias variables del suelo entre distintos usos de la tierra. Esta prueba no paramétrica es adecuada para comparar grupos cuando los datos no cumplen el supuesto de normalidad. La información que se obtiene de este análisis dirá si los puntajes de un ítem específico difieren para los grupos definidos por la variable factor Uso.

A continuación se interpretan los resultados significativos obtenidos para las variables con p-valor menor a 0.05:

- **Abundancia de Detritívoros (Det) (p-valor = 0.0249), Depredadores (Dep) (p-valor = 0.0098), y Omnívoros (Omn) (p-valor = 0.0092)**

Estos grupos funcionales de la macrofauna muestran variaciones significativas entre los usos de la tierra. Esto implica que la utilización de la tierra impacta en la estructura y composición de la comunidad de la macrofauna edáfica, impactando a diferentes grupos funcionales dependiendo de las condiciones particulares del suelo. Los detritívoros desempeñan un papel crucial en el reciclaje de nutrientes mediante la degradación de materia orgánica, mientras que los depredadores y omnívoros contribuyen a la regulación de las poblaciones de otras especies, así preservando el balance ecológico del ecosistema (Anchundia Riasco, 2015).

Investigaciones han demostrado que acciones de gestión como la aplicación desmedida de pesticidas y fertilizantes pueden disminuir la concentración de estos elementos, impactando la eficacia del suelo (Rojas-Fernández *et al.*, 2019).

Los resultados del análisis de Kruskal-Wallis muestran que la utilización de la tierra ejerce un efecto considerable en diversas características del suelo y en la diversidad biológica de la macrofauna edáfica. Esto indica que la gestión y métodos de utilización de la tierra influye en las condiciones químicas y físicas del suelo, así como en la estructura de la comunidad de los organismos del suelo.

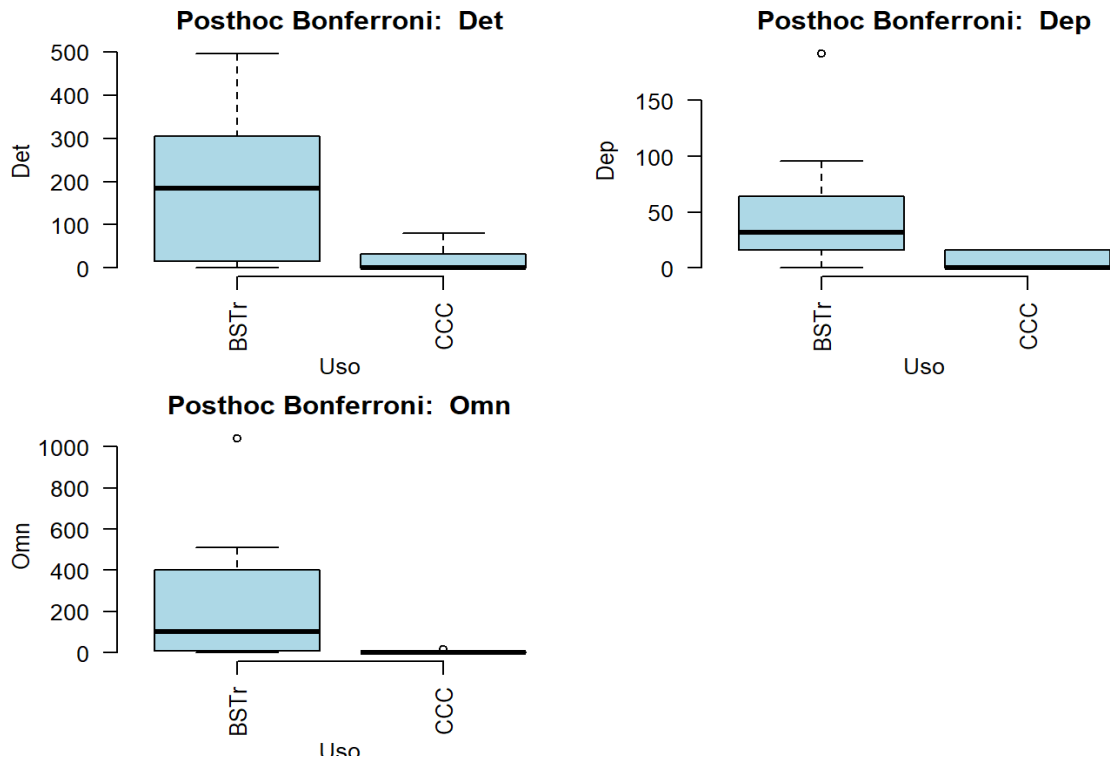


Figura 12: Diagrama de cajas (Box Plot) y resultado de la prueba Kruskal-Wallis comparando si existe diferencia significativa en los *grupos funcionales* (*Det*: Detritívoros, *Dep*: Depredadores, *Omn*: Omnívoros) entre los dos usos de tierra BSTR y CCC.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se determinó que en bosque seco tropical presenta una mayor riqueza y diversidad de macrofauna edáfica en comparación con los cultivos de ciclo corto. Esta diferencia muestra como las prácticas de manejo agrícola intensivo pueden limitar a la biodiversidad y alterar la estructura del suelo, reduciendo la abundancia de ciertos grupos funcionales, como detritívoros y depredadores.
- Los índices de biodiversidad Shannon y Simpson, permitieron evaluar la diversidad de especies, en este caso en bosque seco tropical se refleja una alta diversidad, mientras que en cultivo de ciclo corto se encontró un número menor de especies, es decir, solo se muestran las familias que tienen la capacidad de adaptarse a este medio.
- El análisis de Kruskal-Wallis junto con la prueba posthoc Bonferroni al 95% de probabilidad dio como resultado diferencias significativas en parámetros como el: pH; RMg_k; RCaMg_K; Na; Ca; Mg; los cuales influyen en la comunidad de estos organismos, sin embargo, se observó que en los suelos de bosque presentaron mayores niveles de materia orgánica (1.35), lo que favoreció una mayor abundancia del grupo funcional detritívoro, contribuyendo a un ecosistema más equilibrado.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar prácticas de manejo agrícola sostenible en los cultivos de ciclo corto, como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la reducción del uso de agroquímicos. Estas acciones favorecen a la conservación de la diversidad edáfica y mejoran su calidad del suelo a largo plazo.
- Se aconseja realizar monitoreos periódicos de la macrofauna en ambos tipos de uso de suelo, con el fin de detectar cambios en la calidad edáfica y en la biodiversidad. Esto puede servir como un sistema de alerta temprana ante posibles deterioros del suelo.
- Para mejorar la calidad del suelo en áreas de cultivo, se recomienda la incorporación de prácticas de restauración, como la adición de compost y cobertura vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre Vásquez, V.S. (2017) 'Evaluación química y biológica de la fertilidad de un suelo desarrollado sobre andesita en el sector San Vicente de la parroquia Chuquiribamba, cantón Loja'. bachelorThesis. Loja. Available at: <https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/19302> (Accessed: 6 November 2024).
- Almada, M.S. et al. (2017) 'Diversidad de arañas del suelo y su relación con ambientes heterogéneos del Parque General San Martín, Entre Ríos, Argentina', *Revista mexicana de biodiversidad*, 88(3), pp. 654–663. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.06.011>.
- Alves, F.I.V., Lima, A.R.V. and Fialho, J.S. (2016) 'FAUNA EDÁFICA EM AGROECOSSISTEMA SEMIÁRIDO COM 17 ANOS DE POUSSO', *Enciclopédia Biosfera*, 13(24), pp. 1226–1239. Available at: https://doi.org/10.18677/EnciBio_2016B_114.
- Anchundia Riasco, M.G. (2015) "'Diversidad de la macrofauna del suelo en dos sistemas de producción de banano y plátano en la zona de el Carmen y La Mana'." Available at: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/4617> (Accessed: 28 August 2024).
- Andrade Ochoa, S. et al. (2015) 'Amonio-oxidasas bacterianas y arqueales involucradas en el ciclo del nitrógeno', *Terra Latinoamericana*, 33(3), pp. 233–245.
- Apaza Zúñiga, E. et al. (2022) 'La Correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas', *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 33(3). Available at: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i3.22908>.
- Cabeza López, C.E. and Pablo, G.R.J. (2020) *Calidad del suelo mediante indicadores físicos, químicos y biológicos en suelos bajo páramo, pasto y cultivo, parroquia Achupallas provincia de Chimborazo*. bachelorThesis. Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo. Available at: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/7163> (Accessed: 28 August 2024).
- 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.
- Calderón Pillcurima, V.E. (2017) *Biodiversidad y calidad de agua mediante macroinvertebrados acuáticos en el Refugio de Vida Silvestre Pasocha*. bachelorThesis. Available at: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13735> (Accessed: 27 November 2023).
- Calderón-Medina, C.L. et al. (2018) 'Propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, indicadores del estado de diferentes ecosistemas en una terraza alta del departamento del Meta', *ORINOQUIA*, 22(2), pp. 141–157. Available at: <https://doi.org/10.22579/20112629.524>.
- Calero Hurtado, A. et al. (2023) 'Mejoramiento de las propiedades físicas y químicas de los suelos ácidos con la aplicación de vinaza', *Revista internacional de contaminación ambiental*, 39. Available at: <https://doi.org/10.20937/rica.54554>.

- Casallas-Pabón, D. (2016) 'Estrategias para la restauración ecológica de bosques tropicales mediante la dispersión de semillas por murciélagos frugívoros.' Available at: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59607> (Accessed: 28 August 2024).
- Cashpa Jara, J.W. and Pillhuaman Cosavalente, A.J. (2022) 'Utilización de cloruro de calcio en el suelo para la estabilización de la vía no pavimentada en la prolongación de la Av. Los Nogales en el C. P. José Luis Montalvo Macedo, Casma - 2021', Repositorio Institucional - UCV [Preprint]. Available at: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100297> (Accessed: 6 November 2024).
- 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).
- Cotrina Tantavilca, L.D.R. (2022) 'Efecto de las quemadas agrícolas en la cantidad de los macroinvertebrados del suelo en el distrito de Aco, Concepción 2021', Universidad Continental [Preprint]. Available at: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11367> (Accessed: 28 August 2024).
- 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: 27 August 2024).
- Cristina, L.V.N. (2016) 'PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA AGRÓNOMA'.
- Cruz, P. and Yadirsa, D. (2021) 'Análisis del nutriente vegetal fosforo en los suelos amazónicos del departamento del Caquetá'. Available at: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/43181> (Accessed: 6 November 2024).
- Cruz-Macías, W.O. et al. (2020) 'Efecto de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico en la acidez de suelos cultivados con maíz en dos regiones de Chiapas, México', Terra Latinoamericana, 38(3), pp. 475–480. Available at: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i3.506>.
- 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).
- Ferro, D.A. et al. (2020) 'Isotermas de adsorción de calcio en suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires', in. XXVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo 'Suelos: desafíos para una producción y desarrollo sustentables' (Corrientes, 13 al 16 de octubre de 2020). Available at: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/166567> (Accessed: 6 November 2024).

- García Culqui, C.L. (2022) Análisis multitemporal de la dinámica de uso de suelo y cobertura vegetal en la microcuenca del Río Illangama. masterThesis. Universidad Técnica de Ambato. Dirección de Posgrado. Maestría en Gestión Ambiental. Available at: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/35448> (Accessed: 27 August 2024).
- Gómez Pamies, D.F. (2016) 'Macrofauna edáfica en ecosistemas naturales y agroecosistemas de la eco-región Esteros del Iberá (Corrientes, Argentina)', *Ciencia del suelo*, 34(1), pp. 43–56.
- Guamán Guamán, R.N. et al. (2020) 'Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) utilizando cuatro híbridos', *Siembra*, 7(2), pp. 47–56. Available at: <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>.
- Jaime, P.C., Marta, L.-A.R. and Rosa, P.C. (2020) *Edafología: uso y protección de suelos*. Ediciones Mundi-Prensa.
- Jiménez, Y. and Neri, G. (2015) Saberes y prácticas agrícolas tradicionales en sistemas productivos campesinos de la parroquia Mariano Acosta, cantón Pimampiro-Imbabura: su contribución a la soberanía alimentaria. masterThesis. Quito, Ecuador : Flacso Ecuador. Available at: <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/7695> (Accessed: 5 November 2024).
- Lezcano, M.I.D. et al. (2020) 'Contenido de materia orgánica en suelos de sistemas silvopastoriles establecidos en el Chaco Central paraguayo', *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 25(2), pp. 131–143. Available at: <https://doi.org/10.32480/rscp.2020.25.2.131>.
- López, M.A. de et al. (2024) 'New Records of Insect Predators of Invasive Fluted Scales (Hemiptera: Monophlebidae: Iceryini) in Ecuador', *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 25(3). Available at: https://doi.org/10.21930/rcta.vol25_num3_art:3514.
- Luna, M.D. et al. (2023) 'Nuevos registros de la tijereta rayada *Labidura riparia* (Pallas, 1773) (Insecta: Dermaptera: Labiduridae) en México', *Revista chilena de entomología*, 49(4), pp. 727–734. Available at: <https://doi.org/10.35249/rche.49.4.23.06>.
- Machado-Cuellar, 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>.
- Mancilla -Brindis, R.F. et al. (2017) 'Riqueza y abundancia de la macrofauna epigea en cuatro sistemas tropicales del Estado de Chiapas, México', *Acta zoológica mexicana*, 33(3), pp. 464–471.
- Marchese Morales, A.B. (2015) 'Estudio físico y químico de suelos agrícolas para la estimación del nivel de salinización en el sector bajo de San Pedro de Lloc'. Available at: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6442> (Accessed: 6 November 2024).

- Moran, E.S.H. et al. (2022) ‘Evaluación de sistemas productivos de maíz, sobre la sostenibilidad económica’, *Revista de la Sociedad Científica del Paraguay*, 27(1), pp. 18–30. Available at: <https://doi.org/10.32480/rscp.2022.27.1.18>.
- Muñoz, J. et al. (2022) ‘Identificación de tipos funcionales de plantas en el bosque andino del Parque Universitario Francisco Vivar Castro’, *Bosques Latitud Cero*, 12(2), pp. 1–12.
- Ortega, C. (2022) ‘Prueba de Kruskal-Wallis: Qué es, ventajas y cómo se realiza’, *QuestionPro*, 15 February. Available at: <https://www.questionpro.com/blog/es/prueba-de-kruskal-wallis/> (Accessed: 25 November 2023).
- Pérez, S.O.C. and Álvarez, M.Ñ. (2019) ‘Macrofauna del suelo como indicador biológico del estado de conservación en sistemas agroforestales del sector el Choclino en San Martín – Perú’, *TAYACAJA*, 2(2). Available at: <https://doi.org/10.46908/rict.v2i2.49>.
- 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.
- Pozo Quiroz, J.A. (2020a) 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: 19 November 2023).
- Pozo Quiroz, J.A. (2020b) Caracterización de la macrofauna edáfica como bioindicador del impacto de dos usos de la tierra en el centro de apoyo Manglaralto. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5534> (Accessed: 8 October 2024).
- Ramírez-Barajas, P.J. et al. (2019) ‘Diversidad de macro-invertebrados en sistemas silvopastoriles del sur de Quintana Roo, México’, *Revista de Biología Tropical*, 67(6), pp. 1383–1393. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i6.36944>.
- Ramón, D.D.J. (2015) ‘PRESENTA BIÓL. MARIO MORENO MORALES’.
- Reus, M.L. et al. (2017) ‘Relaciones tróficas entre mamíferos herbívoros nativos y exóticos del Desierto de Monte (San Juan, Argentina)’. Available at: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/44653> (Accessed: 28 August 2024).
- Reyes-Palomino, S.E. et al. (2022) ‘Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad’, *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), pp. 53–64. Available at: <https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>.
- Rodríguez Villón, G.F. (2015) Determinación de la estructura, diversidad y abundancia de la vegetación del manglar de Palmar provincia de Santa Elena durante Octubre 2014 / Marzo 2015. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2204> (Accessed: 28 August 2024).
- Rojas-Fernández, J.A. et al. (2019) ‘RESIDUOS DE PLAGUICIDAS EN SUELOS DE USO AGRÍCOLA Y RIESGO DE EXPOSICIÓN EN LA MICROCUCIENCA LOS ZARZALES, MUNICIPIO RIVAS DÁVILA, ESTADO MÉRIDA, VENEZUELA’.

Revista internacional de contaminación ambiental, 35(2), pp. 307–315. Available at: <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.04>.

- Romero Cruz, D.D. (2017) Evaluación de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha Lllakta. bachelorThesis. Available at: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7137> (Accessed: 27 August 2024).
- Romero Rosales, E.J. (2024) Identificación de macrofauna edáfica en la estación agrostológica de Colonche, Santa Elena. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2024. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12050> (Accessed: 27 August 2024).
- 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: 28 August 2024).
- Ruales Torres, P.F. (2019) Determinación de la capacidad de intercambio catiónico del suelo y su correlación con el contenido de cationes intercambiables de las plantas del género Siparuna. bachelorThesis. Available at: <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/20.500.11962/24597> (Accessed: 6 November 2024).
- Saleem, U. (2020) ‘Evaluación de pH en suelos alcalinos utilizando tres enmiendas químicas en el cultivo de remolacha (Beta Vulgaris L. Var. Conditiva) sector Salache, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi 2019-2020’, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). [Preprint]. Available at: https://www.academia.edu/83561397/Evaluaci%C3%B3n_de_pH_en_suelos_alcalinos_utilizando_tres_enmiendas_qu%C3%ADmicas_en_el_cultivo_de_remolacha_Beta_Vulgaris_L_Var_Conditiva_sector_Salache_Cant%C3%B3n_Latacunga_Provincia_Cotopaxi_2019_2020 (Accessed: 6 November 2024).
- Salmerón López, A., Geada López, G. and Fagilde Espinoza, M.D.C. (2017) ‘Propuesta de un índice de diversidad funcional: Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental’, Bosque (Valdivia), 38(3), pp. 457–466. Available at: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>.
- Sánchez Muñoz, K.O. (2020) ‘Diversidad de la macro fauna edáfica en bananeras orgánicas y convencionales en el cantón Milagro.’ Available at: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50308> (Accessed: 27 August 2024).
- Tomalá Reyes, D.A. (2020) Sistema de información geográfica del centro de apoyo Río Verde de la Universidad Estatal Península de Santa Elena. bachelorThesis. La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2020. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/5401> (Accessed: 10 November 2024).
- Trigoso-Becerrill, D. et al. (2023) ‘Indicadores Físicoquímicos del suelo con Manejo Convencional Del Arroz (Oriza sativa L.) Bajo Riego’, LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida, 37(1), pp. 117–129. Available at: <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.09>.
- Valdivieso Serrano, L. (2021) Notas de Técnicas de Muestreo. PUCP. Departamento Académico de Ciencias. Available at:

<https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/182371> (Accessed: 28 August 2024).

- Viera-Arroyo, W.F. et al. (2020) 'Control Biológico: Una herramienta para una agricultura sustentable, un punto de vista de sus beneficios en Ecuador', *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), pp. 128–149.
- Villa, P.M. et al. (2018) 'Relación especie-área y distribución de la abundancia de especies en una comunidad vegetal de un inselberg tropical: efecto del tamaño de los parches', *Revista de Biología Tropical*, 66(2), pp. 937–951. Available at: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33424>.
- 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: 27 August 2024).
- Zambrano, Z. and Antonella, A. (2021) 'Evaluación de la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas'.

ANEXOS



Figura 1A: Extracción manual de la macrofauna de suelo



Figura 2A: Clasificación de las muestras en el laboratorio.



Figura 3A: Identificación y observación de cada una de las muestras en el estereoscopio.



Figura 4A: Procesamiento de la imagen de los organismos del suelo.

Id	Id_RV	Lugar	Fecha	Uso	AS1	AMO	ANT	ACIC	CODIGO	Coordenada X	Coordenada Y
15	Rv-MON01-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON01-BC	-80,70167	-2,30962
16	Rv-MON02-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON02-BC	-80,70152	-2,31065
17	Rv-MON03-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON03-BC	-80,70216	-2,31003
18	Rv-MON04-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON04-BC	-80,70287	-2,30969
19	Rv-MON05-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON05-BC	-80,70277	-2,31027
20	Rv-MON06-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON06-BC	-80,70087	-2,30968
21	Rv-MON07-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON07-BC	-80,70086	-2,30969
22	Rv-MON08-BC	Rio Verde	ago-21	forestal	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON08-BC	-80,70006	-2,31048
23	Rv-MON01-CC	Rio Verde	ago-21	Maíz	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON01-CC	-80,70113	-2,30733
24	Rv-MON02-CC	Rio Verde	ago-21	Maíz	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON02-CC	-80,70094	-2,30679
25	Rv-MON03-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON03-CC	-80,73174	-2,29283
26	Rv-MON04-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON04-CC	-80,73122	-2,29305
27	Rv-MON05-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON05-CC	-80,73134	-2,2935
28	Rv-MON06-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON06-CC	-80,7318	-2,29334
29	Rv-MON07-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON07-CC	-80,73221	-2,29314
30	Rv-MON08-CC	Rio Verde	ago-21	Pimiento	Suelo 1	Materia Orgánica	Nitrógeno Total	C.I.C.	Ma-RV-MON08-CC	-80,7319	-2,29388

Figura 5A: Matriz del muestreo de la Macrofauna Edáfica en dos usos de Tierra: Bosque seco tropical y Cultivo de ciclo corto en Río Verde, agosto 2021.

Id_RV	Uso	pH	NH4	P	MO	Rca_Mg	RMg_K	RCaMg_K	Ntotal	Na	K	Ca	Mg	Suma	CIC	H	D	S	J	Det	Dep	Herb	Omn
Rv-MONO1-BC	BSTr	6.30	9.00	71.00	1.50	2.72	3.44	12.82	0.24	0.08	2.56	9.18	3.96	16.00	18.00	1.123	0.482	10	0.488	208	192	32	1040
Rv-MONO2-BC	BSTr	6.00	11.00	69.00	1.80	3.40	3.35	14.75	0.21	0.10	2.18	8.73	3.29	14.00	16.00	1.422	0.625	9	0.647	192	96	80	512
Rv-MONO3-BC	BSTr	5.90	6.00	54.00	1.00	2.31	4.49	14.87	0.21	0.16	1.84	7.33	3.67	13.00	26.00	0.693	0.500	2	1.000	0	32	0	0
Rv-MONO4-BC	BSTr	6.00	9.00	11.00	1.50	2.26	9.26	30.19	0.24	0.15	1.47	10.34	4.48	16.44	20.00	0.495	0.222	4	0.357	496	16	0	16
Rv-MONO5-BC	BSTr	6.30	5.00	20.00	0.90	2.16	6.91	21.86	0.15	0.12	0.57	8.00	4.12	13.00	16.00	1.434	0.657	7	0.737	176	32	32	288
Rv-MONO6-BC	BSTr	6.60	16.00	12.00	2.70	4.03	4.91	24.72	0.27	0.17	1.14	17.12	5.62	24.00	26.00	0.600	0.314	3	0.546	0	16	16	144
Rv-MONO7-BC	BSTr	6.50	7.00	8.00	1.20	2.47	9.82	34.07	0.15	0.34	0.86	15.97	7.47	25.00	26.00	0.693	0.500	2	1.000	32	0	0	0
Rv-MONO8-BC	BSTr	6.10	5.00	37.00	0.90	2.47	4.18	14.50	0.21	0.11	1.14	6.04	3.21	11.00	12.00	1.651	0.743	9	0.751	400	32	64	64
Rv-MONO1-CC	CCC	6.50	8.00	30.00	1.30	2.31	5.82	19.29	0.24	0.52	1.70	12.43	6.13	21.00	22.00	0.950	0.560	3	0.865	64	0	16	0
Rv-MONO2-CC	CCC	6.80	3.00	14.00	0.40	2.16	15.58	49.26	0.21	0.92	0.58	16.02	6.95	24.00	26.00	0.000	0.000	1	0	0	0	0	16
Rv-MONO3-CC	CCC	6.70	4.00	17.00	0.60	2.77	11.36	42.65	0.18	0.93	0.90	21.58	8.25	32.00	44.00	0.693	0.500	2	1.000	0	16	16	0
Rv-MONO4-CC	CCC	6.30	4.00	26.00	0.70	2.70	9.51	35.17	0.24	0.50	0.99	18.66	8.22	28.00	30.00	0.000	0.000	1	0	0	16	0	0
Rv-MONO5-CC	CCC	6.70	4.00	16.00	0.60	2.57	11.74	41.76	0.20	0.51	0.71	17.10	7.52	26.00	38.00	0.000	1.000	0	0.000	0	0	0	0
Rv-MONO6-CC	CCC	7.00	7.00	14.00	1.20	2.45	14.04	48.45	0.20	2.38	0.74	18.35	8.74	30.00	32.00	0.000	1.000	0	0.000	0	0	0	0
Rv-MONO7-CC	CCC	6.70	7.00	26.00	1.20	2.30	12.04	39.72	0.20	0.56	1.02	18.76	9.37	30.00	32.00	1.154	0.612	4	0.832	80	16	16	0
Rv-MONO8-CC	CCC	6.40	10.00	18.00	1.60	3.13	8.98	37.07	0.30	0.90	0.95	17.56	7.88	27.29	32.00	0.000	1.000	0	0.000	0	0	0	0

Figura 6A: Matriz de Propiedades Físico-Químicas del Suelo, Índices de Diversidad e Importancia de Grupos Funcionales en los dos usos de Tierra.

**GALERÍA
COCHINILLAS**



Familia: Porcellionidae.



Familia: Philosciidae o
Rhyscotidae.



Familia: Platyarthridae

TERMITAS



Familia: Termitidae

LOMBRICES



Familia: Glossoscolecidae.

ARAÑAS



Familia: Araneidae.

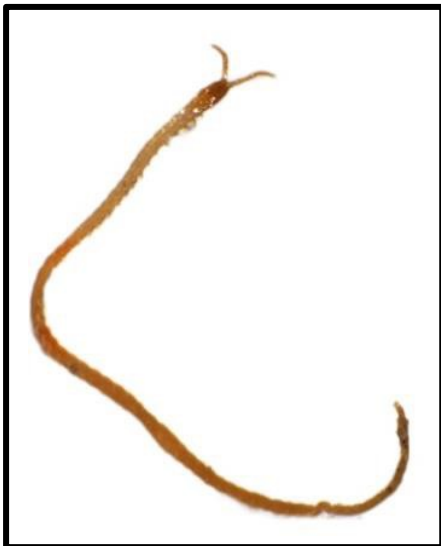


Familia: Corinnidae.



Familia: Gnaphosidae.

CIEMPIÉS



Familia: Geophilidae.

ESCORPIONES



Familia: Scorpiones indeterminada.

ESCARABAJOS



Familia: Scarabaeidae lv.



Familia: Elateridae lv.



Familia: Staphylinidae.

TIJERETAS



Familia: Carcinophoridae.

ÁCAROS



Familia: Hesperolpiidae.

CHINCHES



Familia: Cydnidae.



Familia: Pentatomidae.

HORMIGAS



Familia: Formicidae.



Familia: Formicidae.
Myrmicinae.



Familia: Formicidae.