



**Evaluación de la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y  
Esmeraldas**

Zambrano Zambrano, Angie Antonella

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniería Agropecuaria

Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs.

19 de agosto de 2021



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Evaluación de la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas.docx (D111434129)

Submitted: 8/18/2021 8:01:00 PM  
Submitted By: aazambrano12@espe.edu.ec  
Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

0

Firma:



Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs.  
DIRECTOR



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA SANTO DOMINGO**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “**EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN PLÁTANO EN LAS ZONAS DE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS**” fue realizado por la estudiante **Zambrano Zambrano Angie Antonella** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Santo Domingo, 19 de agosto del 2021

Firma:



**Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs.**

C. C: 170842160-5



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Yo, **Zambrano Zambrano Angie Antonella**, con cédula de ciudadanía n° 171863406-4, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN PLÁTANO EN LAS ZONAS DE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Santo Domingo, 19 de agosto del 2021

Firma

---

**Zambrano Zambrano, Angie Antonella**

C.C.: 171863406-4



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA Y LA AGRICULTURA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Zambrano Zambrano Angie Antonella**, con cédula de ciudadanía n° 171863406-4, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN PLÁTANO EN LAS ZONAS DE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo, 19 de agosto del 2021

Firma

**Zambrano Zambrano, Angie Antonella**

C.C.: 171863406-4

## DEDICATORIA

A Dios nuestro padre creador, por ser mi fortaleza, por darme la sabiduría para lograr cualquier meta que me proponga, por confortarme en los duros momentos, por ser mi refugio en todo momento y por guiarme en cada uno de mis pasos.

A mis padres, Estalin y Aracely Zambrano, mis maestros de vida gracias por apoyarme en cada momento difícil y por disfrutar de los buenos, enseñándome a ser una mejor persona cada día gracias a sus consejos y guiándome por el buen camino en cada paso y decisión que tomo; gracias por su amor infinito y siempre querer lo mejor para mí.

A mis abuelitos, PARG y Ramón Zambrano, por ser una inspiración en el transcurso de mi vida, por ser los pilares de toda la familia inculcando siempre valores a cada uno de sus hijos y nietos, por siempre estar pendientes de mí, por protegerme, y quererme así sea a la distancia.

A mi tío, Amado Zambrano, por poder contar con su apoyo incondicional, por estar pendiente de mi formación profesional y ser un benefactor en el desarrollo de mis estudios.

A mi hermano, Andrés Zambrano, por ser ese motorcito de alegría y fortaleza para cumplir con este objetivo.

A toda mi familia en general, gracias por su apoyo, preocupación y por creer en mí, siempre presentes a pesar de las adversidades, siempre con sus ocurrencias alegrando el día a cualquiera; representan la unión, el amor, la lealtad y el respeto que nos hace únicos.

Angie Zambrano Zambrano

## AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por bendecirme y guiar cada decisión de mi vida, por la fortaleza que me daba en cada momento de desmayo, en cada momento de felicidad te doy gracias de todo corazón.

A mis padres, Estalin y Aracely Zambrano, por estar a mi lado aconsejándome, dándome fuerzas y ánimo para superar cualquier obstáculo, gracias por el apoyo y la motivación para ser una mejor persona y gracias porque han sido parte del proceso para la culminación de mis estudios.

A mi tutor de tesis, Ing. Marcelo Patiño por brindarme todos sus conocimientos, paciencia y tiempo en cada etapa del proyecto de investigación.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE Santo Domingo, a sus excelentes docentes y personal administrativo por compartir sus conocimientos y experiencias para nuestro enriquecimiento no sólo profesional, sino también personal.

A mis amigos, que han sido hermanos Kevin C, Jonathan A, Daniela D, Carito P, Juan L, por su amistad, compañía y apoyo durante mi formación académica, gracias por las experiencias compartidas, por los buenos momentos y nuestras locuras.

A mis amigos y compañeros de tesis, Jonathan V y Javier C, por ser mí apoyo en los buenos y malos momentos en el transcurso de la elaboración de esta investigación por ayudarme cuando más lo necesitaba y porque a pesar de todas las fallas que teníamos en el proceso siempre la pasábamos bien.

A mi amigo, Alex H, por permitirme realizar parte del trabajo en su finca, por los buenos tiempos en prepo, por las experiencias compartidas y agradezco por su amistad incondicional a pesar de lo lejos que se encuentra.

Angie Zambrano Zambrano

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Análisis Urkund .....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de autoría .....	4
Autorización de publicación .....	5
Dedicatoria .....	6
Agradecimiento .....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
Resumen.....	13
Abstract .....	14
Capítulo I.....	15
Introducción.....	15
Objetivos .....	17
Objetivo General .....	17
Objetivos Específicos .....	17
Capitulo II.....	18
Marco Teórico .....	18
Antecedentes .....	18
Macrofauna del suelo a escala mundial.....	18
Macrofauna del suelo en el Ecuador .....	19
Efecto de la actividad antrópica en la biodiversidad, riqueza y abundancia .....	20
Fundamentaciones.....	20
Fauna Edáfica .....	20
Clasificación de la Fauna Edáfica.....	21
Funciones que cumplen los organismos en el suelo.....	21
Macrofauna del suelo .....	22
Clasificación funcional .....	22
Detritívoros.....	22
Herbívoros o depredadores.....	22
Ingenieros del ecosistema.....	22

Clasificación taxonómica .....	23
Características generales de Órdenes conocidas.....	24
Orden Araneae.....	24
Orden Collembola .....	24
Orden Coleoptera.....	24
Orden Dermaptera .....	25
Clase Diplopoda .....	25
Orden Diptera.....	26
Orden Haplotaxida .....	26
Orden Hemiptera.....	26
Orden Hymenoptera .....	27
Orden Isopoda.....	28
Orden Isoptera .....	28
Biodiversidad.....	29
Índices de Diversidad .....	29
Índice de Shannon - Wiener .....	29
Índice de Jaccard .....	30
Capítulo III.....	31
Metodología .....	31
Ubicación de las áreas de investigación .....	31
Ubicación Política .....	31
Ubicación Geográfica .....	31
Caracterización de las zonas de muestreo .....	32
Materiales.....	32
Materiales de Campo .....	32
Materiales de Oficina.....	33
Materiales de Laboratorio.....	33
Equipos .....	33
Insumos.....	33
Metodología .....	33
Tipo de investigación.....	33
Diseño de investigación.....	34
Variables evaluadas .....	34
Clasificación de los componentes biológicos.....	34
Biomasa total.....	34

Densidad poblacional .....	35
Índices de diversidad.....	35
Manejo de la investigación .....	36
Áreas de estudio .....	36
Muestreo .....	36
Recolección de muestras .....	37
Capítulo IV .....	38
Resultados y Discusión .....	38
Composición y abundancia de la comunidad de Macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas .....	38
Biomasa de la Macrofauna del suelo.....	41
Densidad Poblacional.....	42
Índices de Diversidad .....	45
Índice de diversidad de Shannon-Wiener .....	45
Índice de similitud de Jaccard .....	46
Capítulo V .....	47
Conclusiones.....	47
Recomendaciones.....	48
Capítulo VI .....	49
Bibliografía .....	49

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de organismos en la Fauna edáfica, según su tamaño .....	21
Tabla 2. Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica.....	23
Tabla 3. Caracterización de las zonas de muestreo (fincas).....	32
Tabla 4. Composición taxonómica (orden y familia) de la comunidad de macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas.....	38
Tabla 5. Densidad (ind/m <sup>2</sup> ) de organismos de la macrofauna edáfica encontradas en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas .....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de los sitios de muestreo en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas donde se desarrolló la investigación.....	31
Figura 2. Esquema de muestreo por método TSBF.....	36
Figura 3. Curva de abundancia en logaritmo base 10 de la macrofauna edáfica en las diferentes localidades en base a las familias; 4a (Santo Domingo), 4b (Esmeraldas). .....	40
Figura 4. Biomasa de la macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas.....	41
Figura 5. Comparación de la densidad poblacional de macrofauna edáfica recolectada a diferentes profundidades en las dos localidades.....	43
Figura 6. Índice de diversidad de Shannon-Wiener para la macrofauna en de Santo Domingo y Esmeraldas.....	45
Figura 7. Similitud de la macrofauna en su composición de familias a diferentes profundidades.....	46

## RESUMEN

Las comunidades de especies presentes en la macrofauna del suelo conforman una parte importante en los agroecosistemas, ya que desempeñan un papel en su productividad, gracias a que son consumidores de materia orgánica lo cual facilita su descomposición y mineralización, cabe mencionar su participación en la estructura del suelo, etc. La investigación se realizó con la finalidad de determinar la densidad poblacional y la estimación de índices de diversidad presentes en la macrofauna del suelo de plátano (*Musa paradisiaca* L.) en las zonas productoras de las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas, a fin de seleccionar seis fincas para la realización de esta investigación, tres en cada localidad respectivamente. La metodología aplicada fue Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) utilizada por Lavelle et al., (1992), basada en un monolito de suelo de 25 x 25 cm dividido en cuatro estratos; hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm de profundidad y se extrajo los organismos presentes en cada una de ellos, los cuales fueron llevados al laboratorio para la identificación y determinación del orden y familia; además de la cuantificación de individuos y registro de pesos (g). Se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para la comparación de medias en las comunidades de macroinvertebrados. Los resultados obtenidos demostraron una biomasa mayor a los 0 a 10 cm de profundidad de muestreo en Santo Domingo (16,6 g/m<sup>2</sup>) a diferencia de Esmeraldas (9,86 g/m<sup>2</sup>), se registraron valores más altos de densidad de individuos en la localidad de Esmeraldas con registros de 7728 ind/m<sup>2</sup>, la evaluación de la composición y abundancia en las diferentes profundidades de muestreo en las dos localidades, demostró la incidencia de 8 grupos taxonómicos que comprendieron 19 órdenes con predominio del orden Hymenoptera, el índice de diversidad fue mayor en la localidad de Santo Domingo (H=2,20) a comparación de Esmeraldas (H=2,18); se realizó la prueba de similitud de Jaccard demostrando valores de similitud más altos entre la hojarasca y 0 a 10 cm de profundidad con un resultado del 61% de similitud a nivel de familias encontradas.

Palabras Clave:

- **AGROECOSISTEMAS**
- **MACROFAUNA DEL SUELO**
- **DENSIDAD POBLACIONAL**
- **GRUPOS TAXONÓMICOS**
- **ÍNDICES DE DIVERSIDAD**

## ABSTRACT

The communities of species present in the soil macrofauna are an important part of agroecosystems, since they play a role in their productivity, thanks to the fact that they are consumers of organic matter which facilitates its decomposition and mineralization, it is worth mentioning their participation in soil structure, etc. The research was carried out with the purpose of determining the population density and the estimation of diversity indexes present in the soil macrofauna of Plantain (*Musa paradisiaca* L.) in the producing areas of Santo Domingo and Esmeraldas, in order to select six farms for the realization of this research, three in each locality respectively. The methodology applied was Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) used by Lavelle et al., (1992), based on a soil monolith of 25 x 25 cm divided into four strata; leaf litter, 0-10 cm, 10-20 cm and 20-30 cm deep and the organisms present in each of them were extracted, which were taken to the laboratory for identification and determination of order and family; in addition to the quantification of individuals and recording of weights (g). The Kruskal-Wallis non-parametric test was used for the comparison of means in the macroinvertebrate communities. The results obtained showed a higher biomass at 0 to 10 cm depth of sampling in Santo Domingo (16.6 g/m<sup>2</sup>) as opposed to Esmeraldas (9.86 g/m<sup>2</sup>), higher values of density of individuals were recorded in the locality of Esmeraldas with records of 7728 ind/m<sup>2</sup>, The evaluation of the composition and abundance in the different sampling depths in the two localities showed the incidence of 8 taxonomic groups comprising 19 orders with a predominance of the order Hymenoptera, the diversity index was higher in the locality of Santo Domingo (H=2,20) compared to Esmeraldas (H=2,18); Jaccard's similarity test was performed showing higher similarity values between the leaf litter and 0 to 10 cm depth with a result of 61% similarity at the level of families found.

Key words:

- **AGROECOSYSTEMS**
- **SOIL MACRO FAUNA**
- **POPULATION DENSITY**
- **TAXONOMIC GROUPS**
- **DIVERSITY INDEXE**

## CAPÍTULO I

### Introducción

Las especies presentes en la macrofauna edáfica conforman una parte importante en los agroecosistemas, ya que desempeñan un papel en su productividad, gracias a que son consumidores de materia orgánica lo cual facilita su descomposición y mineralización, cabe mencionar su participación en la estructura del suelo, ya que estos ayudan en el intercambio gaseoso, retención de agua, humificación, mantenimiento del ambiente edáfico sano para la propagación de plantas (Lema, 2016). Por otra parte se presta más atención a los invertebrados-plagas significando gastos de miles de dólares al año por parte de investigadores y agricultores para su control, mientras que los invertebrados benéficos tienen una escasa atención; dado por sentada su participación en pocas ocasiones se realizan cambios para mejorar el manejo en sus ecosistemas (Baldwin et al., 1997).

Los factores causantes de la disminución de poblaciones de invertebrados en la macrofauna están relacionados con la degradación física o pérdida de estructura (compactación, erosión, sedimentación) y la degradación química o fertilidad (materia orgánica y nutrientes); otros motivos son el uso excesivo de agroquímicos (fertilizantes, plaguicidas, herbicidas) y prácticas erradas de manejo agronómico en los agrosistemas de producción (Guzmán et al., 2016).

A pesar de todos los estudios realizados para encontrar alternativas de sistemas productivos sostenibles que preserven la biodiversidad de los suelos, hasta el momento, mediante las características de las comunidades como: su diversidad, densidad, composición funcional, biomasa y riqueza taxonómica se ha determinado el funcionamiento del ecosistema y medio edáfico en la evaluación de manejos de suelo y de diferentes usos (Marín et al., 2011).

Las plantaciones de plátano son ejemplo de agro ecosistemas, en el cual se realizan controles fitosanitarios para mantener producciones sanas, económicamente rentables y profesionales, se utilizan agroquímicos con mayor rango a picudos negros, ya que retrasan el crecimiento del tallo, ocasionan el amarillamiento de las hojas y producción de racimos pequeños, afectando así las exportaciones y comercio (Armendáriz et al., 2016).

Por lo tanto, es importante conocer el funcionamiento del agro ecosistemas en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas, ya que el cultivo de Plátano constituye una gran fuente de ingresos para los productores; debido a la gran extensión cultivada en nuestro medio, se plantea la realización de esta investigación para que en un futuro se puedan implementar prácticas para el manejo y mejora de los agroecosistemas para la macrofauna benéfica, y poder contribuir al conocimiento de sistemas de producción más sostenibles con una mejor calidad de suelos.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar la macrofauna del suelo en plátano en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar las biomásas de la macrofauna del suelo obtenidas de los cultivos de plátano en las dos localidades.
- Realizar la clasificación de los componentes biológicos (macroinvertebrados) de acuerdo a sus categorías taxonómicas.
- Estimar los índices de diversidad con relación a la macrofauna obtenida de los suelos pertenecientes al cultivo de plátano.

## **CAPITULO II**

### **Marco Teórico**

#### **Antecedentes**

##### **Macrofauna del suelo a escala mundial**

Durante los últimos años, las investigaciones acerca de las comunidades de macroinvertebrados en el suelo han comprendido la interacción con procesos físicos, químicos y biológicos. En la Amazonía de Brasil, (Barros, 1999) observó como la calidad de hojarasca en el suelo influye mayormente que la cantidad sobre la riqueza de la macrofauna.

Han existido varios estudios asociados al cultivo de plátano, un claro ejemplo es la investigación realizada en el Departamento de América en Colombia la cual se enfocó en la macrofauna en el cultivo de plátano de 32 fincas elegidas al azar con 4 usos de suelo de donde se recogieron 18 muestras por finca con monolitos de 0-10 y 10-20 cm, obteniendo como resultado 2587 especies de grupos taxonómicos como: Anélidos, Miriápodos, Dermápteros y Coleópteros (Molina & Feijoo, 2016).

Rios (2019), evaluó la densidad y diversidad biológica presentes en diferentes sistemas de uso de suelo en Palo de Acero, distrito de Huamalíes; su investigación se basó en la caracterización físico - química de las propiedades de los suelos, en la identificación y cuantificación de individuos, densidad y diversidad en los sistemas uso de suelo en pastizales, cultivo de plátano, cacao y maíz. Los resultados mostraron la presencia de 15 órdenes con predominio de Hymenoptera seguida de Haplotaxida, Isoptera e Isopoda, con densidades de 63 a 84 ind/m<sup>2</sup> y biomásas de 7,95 a 10,78 g/m<sup>2</sup>; la diversidad abundó en mayor cantidad en los pastos y en el cultivo de plátano, la materia orgánica y la densidad se relacionan con la composición y abundancia de la macrofauna edáfica (Rios, 2019).

Otra investigación sobre el estudio cuantitativo de la macrofauna realizado en diferentes sistemas de uso de suelo en la Amazonía de Perú demostró que la mayoría de prácticas de manejo en el suelo causan efectos negativos sobre la macrofauna; debido a las poblaciones son muy sensibles a cambios realizados en la cobertura del suelo (Lavelle et al., 1992).

Dicho estudio mostró el efecto perjudicial del control de malezas; asimismo, manifestó el fuerte cambio que ocurre en la biomasa y la diversidad de macro artrópodos posterior al establecimiento de pastos y cultivos anuales (Pashanasi, 2001).

### **Macrofauna del suelo en el Ecuador**

En el país, también existen investigaciones que han determinado la macrofauna edáfica, evaluando el tipo de uso, manejo de suelos y cultivos. En función de esto realizó un estudio sobre la evolución de la macrofauna en cultivares de Plátano ante el efecto de fertilización convencional y orgánica, dentro de los 30 cm de suelo en dos localidades (Cantón El Carmen y Parroquia Luz de América), se aplicó la metodología TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) con monolitos 25x25x30 cm en los cuales se presenciaron 14 órdenes tales como Coleóptera, Miriápodos, Dípteros, Isóptera, Dermápteros, Lepidópteros, Oligoqueta, Formicidae, Araneae, Isópodo, Orthoptera, Blattodea, Pulmonata y Hemíptera; encontrando 12 grupos en Luz de América y 8 grupos taxonómicos en El Carmen demostrando que la aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos no muestran injerencia en la biomasa y poblaciones de individuos del suelo (Patiño et al., 2017).

Según Anchundia (2015), en su estudio sobre sistemas de producción en monocultivos y agrosistemas (asociación de cultivos) demostró que los sistemas de producción en asociación tuvieron mayor presencia de macrofauna, siendo el orden Collembola con 1110 ind/m<sup>2</sup> y un 54% el más diverso seguido del orden Hymenoptera con 1888 ind/m<sup>2</sup>; el orden que presentó una baja abundancia fue Orthoptera con un 0,74% en las localidades de La Maná y El Carmen; además el tipo de trampas (de caída y cromática) tuvo influencia en la recolección de individuos.

En otros trabajos, se comparó la macrofauna en 18 fincas productoras, nueve en monocultivo y nueve en policultivo, cada agro sistema se clasificó en tres tamaños (tres plataneras menores a 5 ha, tres que posean entre 5-10 ha y tres mayores a 10 ha), con monolitos de 25x25x20 cm; mostrando que la mayor cantidad de individuos se encuentra en fincas con extensiones menores de 5 ha en monocultivos, el orden con mayor predominio fue Coleóptera y en el caso de las fincas con extensiones mayores a las 10 ha en policultivo existe una mayor biodiversidad a diferencia de las cultivadas como monocultivo, debido a la alta demanda de agroquímicos para estos cultivos sin asociación (Saltos, 2020).

### **Efecto de la actividad antrópica en la biodiversidad, riqueza y abundancia**

Las repercusiones de la agricultura por medio de la labranza del suelo para obtener productos para el consumo, afecta la biodiversidad de organismo presentes en los ecosistemas edáficos (Lema, 2016).

Según Lavelle P. (2001), una simplificación de ecosistemas por la influencia de las actividades del hombre, ocasiona que los ecosistemas modificados o alterados no contribuyan todos los beneficios aportaban anteriormente, afectando procesos fundamentales como la descomposición de material orgánico y reciclaje de nutrientes.

## **Fundamentaciones**

### **Fauna Edáfica**

La fauna edáfica o fauna del suelo se constituye por múltiples grupos de organismos que viven sobre la superficie del suelo, hojarasca y bajo tierra; estos individuos se han adaptado al ambiente compacto, con poca luminosidad, baja concentración de oxígeno, variaciones microclimáticas y escasas de alimento (Lavelle et al., 1994).

## Clasificación de la Fauna Edáfica

El sistema establecido por Walwork (1970), es uno de los más utilizados para la clasificación de la fauna edáfica, el cual los divide en grupos de acuerdo a su tamaño, micro-meso y macrofauna, los que poseen tamaños superiores al centímetro pertenecen a la Macrofauna.

**Tabla 1.**

*Clasificación de organismos en la Fauna edáfica, según su tamaño*

Microorganismos	Microflora	<5 $\mu\text{m}$	Bacterias Hongos
	Microfauna	<100 $\mu\text{m}$	Protozoarios Nemátodos
Macroorganismos	Mesoorganismos	100 $\mu\text{m}$ - 2 $\mu\text{m}$	Ácaros
	Macrofauna	2-20 $\mu\text{m}$	Caracoles
			Lombrices
Hormigas			
Plantas	Raíces	> 10 $\mu\text{m}$	
	Algas	10 $\mu\text{m}$	

(Lema, 2016)

## Funciones que cumplen los organismos en el suelo

Los organismos desempeñan distintas funciones como la descomposición de M.O, son fuente de alimento y medicina, intervienen en la regulación hidrológica del suelo, mantienen la estructura, regulan ciclos de nutrientes, se relacionan simbiótica y asimbióticamente con raíces de plantas, intercambio de gases, eliminan compuestos tóxicos y captación de carbono (C) (FAO, 2019).

## **Macrofauna del suelo**

Se denomina macrofauna a todos los invertebrados visibles que habitan parcial o totalmente dentro del suelo o sobre él; que poseen tamaños 2 o más mm de diámetro. Estos organismos se caracterizan por abarcar miles de individuos en un ecosistema y su biomasa puede llegar a una tonelada por hectárea, las especies según su clasificación funcional ejecutan sus diversas actividades (Sagawa, 2014).

### **Clasificación funcional**

**Detritívoros.** Son macroinvertebrados que se encuentran presentes en el interior del suelo pero mayormente en las hojas secas (caracoles, cochinillas, lombriz de tierra, termitas), estos individuos se encargan de triturar residuos vegetales y animales presentes en la hojarasca, interviniendo en su descomposición proporcionando suministro a individuos más pequeños y a microorganismos (bacterias y hongos); desempeñan un papel fundamental en el reciclaje de nutrientes y disponibilidad de alimento (Cabrera, 2014).

**Herbívoros o depredadores.** Son organismos que habitan el interior y la superficie del suelo, los herbívoros (chinchas, saltamontes, larvas) se alimentan de material vegetal presente en el suelo controlando así la cantidad de plantas en el suelo; por otro lado los depredadores (arañas, escarabajos, escorpiones) se encargan de mantener un equilibrio entre las poblaciones con respecto a los recursos disponibles en un ecosistema (Lavelle et al., 1994).

**Ingenieros del ecosistema.** Son aquellos organismos relacionados con los cambios de la estructura física (lombrices, termitas y hormigas), se encargan de la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otro organismo, ya que ayudan a la oxigenación, transformación de M.O., infiltración de agua y formación de estructuras biogénicas que modifican la abundancia o estructura de otras comunidades de organismos (Sagawa, 2014).

La regulación de las poblaciones por parte de los ingenieros puede darse a través de:

- Competencia por recursos, primordialmente la materia orgánica.
- Activación de microflora edáfica, por mutualismo y “priming effect”. La disposición de nutrientes y la influencia en el ciclo de carbono.
- Variación en el dinamismo de la rizosfera, formaciones de organismos y crecimiento de raíces rizosféricas; (Lavelle P. , 2001).

### Clasificación taxonómica

**Tabla 2.**

*Clasificación taxonómica de la macrofauna edáfica*

Filo	Clase	Sub-Clase	Orden	Nombre común			
<b>Annelida</b>	Clitellata	Oligochaeta	Crassiclitellata	Lombrices			
	Arachnida		Araneae	Arañas, Tarántulas			
			Scorpionida	Escorpiones			
			Hymenoptera	Hormigas			
			Isoptera	Termitas, comején			
			Coleoptera	Escarabajos (Insectos y Larvas)			
			Dermaptera	Tijeretas (Insectos y Larvas)			
			Orthoptera	Grillos Chicharras, Cigarras			
			Hemíptera	Típulas, Mosquitos			
			Díptera	Cucarachas			
<b>Arthropoda</b>	Insecta	Pterygota	Blattodea	Mariposas (Insectos y Larvas)			
			Lepidoptera	Corydalus (Insectos y Larvas)			
			Megaloptera	Corydalus (Insectos y Larvas)			
			Hexapoda	Odonata	Libélulas		
			Myriapoda	Chilopoda	Ciempis		
				Diplopoda	Milpiés		
			<b>Mollusca</b>	Gastropoda	Orthogastropoda	Pulmonata	Caracoles y Babosas

(González et al., 2014)

## **Características generales de Órdenes conocidas**

### **Orden Araneae**

Los arácnidos (arañas y escorpiones), han perpetuado una gran diversidad de ecosistemas, siendo parásitos, depredadores, fitófagos, omnívoros y necrófagos; estos organismos se caracterizan por tener hábitos diurnos y nocturnos, terrestres o acuáticos, poseen glándulas venenosas para paralizar sus presas y comprenden un amplio número de familias (Francke, 2014).

### **Orden Collembola**

Los colémbolos son insectos que viven en el suelo, por lo general, se alimentan de material vegetal en descomposición, excretas de artrópodos, polen, etc. Algunas especies se alimentan de nemátodos o de microorganismos como tardígrados y rotíferos (Palacios, 2014).

Sus desechos influyen en procesos húmicos, mejorando las características del suelo e interviniendo los ciclos de nutrientes; sirven de alimento para escarabajos, hormigas, ácaros depredadores y arañas. Poseen una gran adaptación a diferentes ambientes permitiendo una mayor propagación en desiertos o regiones polares, también en zonas tropicales y templadas (Palacios, 2014).

### **Orden Coleoptera**

Los coleópteros o escarabajos poseen piezas bucales masticadoras y un caparazón duro (esclerotizado), los adultos tiene alas delanteras no funcionales para volar esclerotizadas (élitros), que sirven para la protección total o parcial del abdomen y de las alas secundarias membranosas aptas para el vuelo (Barnes, 1986).

Los coleópteros son un orden de insectos que habitan todo tipo de ecosistema, y se alimentan de insectos y plantas. La mayoría son fitófagos se alimentan del follaje, raíces, flores o polen; otros son depredadores, carroñeros y parasitoides.

### **Orden Dermaptera**

Los dermápteros o tijeretas son insectos pequeños que habitan en la superficie del suelo en zonas tropicales, tienen hábitos nocturnos con una alimentación tipo omnívora. Los forficúlidos en su mayoría se alimentan de materia orgánica en descomposición, son detritívoros o fitófagos; también se han descubierto casos de canibalismo (Herrera, 2015).

Tienen aparato bucal masticador, cuerpo alargado, las alas anteriores son modificadas en forma de élitros y las posteriores membranosas con forma de abanico. Poseen estructuras en la parte terminal del cuerpo en forma de pinzas, lo cual facilita su diferenciación con otras especies (Barnes, 1986).

### **Clase Diplopoda**

Los diplópodos son una clase de miriápodos, estos artrópodos poseen dos pares de patas articuladas, la mayor parte de especies diplopodas viven en el suelo gracias a su habilidad de excavar (Bueno Villegas, 2012).

Poseen cuerpo plano, alargado y segmentado; los más comunes son los ciempiés, los cuales son depredadores con piezas bucales modificadas que secretan un veneno para atrapar sus presas. Se encuentran en microhábitats debajo de piedras, troncos y hojarasca, son exigentes a microclimas húmedos (Cabrera, 2014).

### **Orden Diptera**

Los dípteros incluyen las moscas verdaderas (moscas y mosquitos), se distinguen por sus alas posteriores las cuales con pequeñas con forma de raqueta proporcionan equilibrio en el vuelo, conocidas como halteres y porque solo sus alas delanteras membranosas son aerodinámicas. Los adultos poseen aparato bucal chupador con trompa bilobulada al extremo terminal; las larvas son ápodas detritívoras y otras depredadoras, estas pueden encontrarse en tejidos vegetales o de animales, en excretas de animales y en el suelo tanto larvas como adultos (Bickel et al., 2009).

### **Orden Haplotaxida**

Las lombrices de tierra son consideradas ingenieros del sistema, ya que intervienen en las propiedades físicas del suelo regulando la porosidad, disminuyendo compactación y aportando macroagregados al suelo. Existen tres categorías ecológicas de lombrices: epígeas (superficie del suelo), anécicas y endógeas (interior del suelo), se encuentran divididas de acuerdo al lugar donde viven y su alimentación (Lema, 2016).

Son organismos hermafroditas, para diferenciar los individuos que han alcanzado la madurez sexual se observa que poseen una estructura engrosada llamada clitelo alrededor del cuerpo abarcando pocos segmentos (Barnes, 1986).

### **Orden Hemiptera**

Los hemípteros se caracterizan por su aparato chupador labial tetraqueta, con el cual se alimentan de savia de las plantas, hemolinfa y sangre. Este se caracteriza por cuatro estiletes para perforar (mandíbulas y maxilares atrofiados) que se alojan en un labio inferior cuando no se alimentan, este tipo de aparato solo lo poseen los estados juveniles y adultos de esta orden (Triplehorn et al., 2005).

Las especies más conocidas de esta orden son chinches, saltamontes y pulgones; habitan en hojarasca y suelo los individuos que poseen hábito herbívoro, pero también se pueden encontrar en el follaje habitan cualquier tipo de ecosistemas natural o desnaturalizado (Cabrera, 2014).

Los saltamontes tienen alas membranosas uniformes cuando se cierran permanecen declives respecto al abdomen (forma de teja), a diferencia de las chinches que poseen dos pares de alas, el primero se divide en una mitad anterior dura y otra posterior membranosa, el segundo el únicamente membranoso y cuando se cierran permanecen planas acorde al abdomen (Cabrera, 2014).

### **Orden Hymenoptera**

Representa uno de los órdenes con mayor diversidad de insectos, este abarca a hormigas, avispas y abejas; considerándose superior a las órdenes Lepidóptera, Díptera y Coleóptera que también poseen gran número de especies (Fernández & Sharkey, 2006).

Los himenópteros disponen de diversos hábitos unos son fitófagos, ciertas especies de larvas son eruciformes y carnívoras, los adultos de algunas especies son parasitoides y ayudan a controlar las poblaciones de otros insectos perjudiciales para los cultivos, usualmente se aprovechan para el control biológico de plagas (Fernández & Sharkey, 2006).

También las hormigas conforman la macrofauna siendo uno de los individuos con mayor extensión, poseen hábitos alimenticios diversos, siendo omnívoras oportunistas, alimentándose de cualquier tipo de material vegetal o animal. Estudios registrados muestran la gran abundancia, diversidad e injerencia de las hormigas en sistemas agrícolas (Cabrera, 2014).

### **Orden Isopoda**

Los isópodos o conocidos también como cochinillas de la humedad son considerados en uno de los mayores órdenes de crustáceos, estos habitan varios bosques, agroecosistemas, montañas y desiertos; cumplen un papel en el reciclaje de nutrientes fundamentales para la composición de fauna edáfica (Araujo et al., 1996).

Son organismos herbívoros se alimentan de raíces tiernas, hojas de hortalizas; causan daños en cotiledones y tallos, afectan la emergencia de plántulas, volcamiento, hojas con baja turgencia en rosáceas y mirtáceas (Saluso, 2013).

### **Orden Isoptera**

Los isópteros son insectos formadores de colonias, parecidos a las hormigas pero de menor tamaño. Se diferencian de las hormigas por poseer un cuerpo blando, blanquecino o incoloro con aparato bucal masticador, sus antenas son rectas y no muestran la estructura de pedicelo entre el abdomen y tórax. El abdomen está compuesto de 10 segmentos (Cabrera, 2014).

Son principalmente muy conocidos por alimentarse de la celulosa de madera, son organismos detritívoros que también actúan en la descomposición de materia orgánica en ecosistemas tropicales. Los nidos están construidos con un material orgánico reciclado (fecas y saliva), influyen en la porosidad, aireación, drenaje y actividad microbológica edáfica, siendo considerados como ingenieros del ecosistema.

### **Orden Orthoptera**

Los ortópteros representan un conjunto de insectos comunes y bien conocidos, que se alimentan con material vegetal siendo considerados plagas para cultivos de importancia económica. Otros se consideran predadores, carroñeros y unos pocos omnívoros (Triplehorn et al., 2005).

La mayoría de ortópteros son herbívoros (saltamontes, grillos, chicharras) que poseen sus patas posteriores modificadas para saltar, su aparato bucal es masticador con antenas filiformes, el abdomen dividido en once segmentos, sus alas traseras son membranosas y con forma de abanico, tienen aparatos estriduladores y gran capacidad para detección de sonidos, generalmente habitan en la vegetación y el suelo (Cabrera, 2014).

### **Biodiversidad**

La biodiversidad abarca la diversidad existente entre especies u organismos vivo y un ecosistema; las variaciones de biodiversidad influyen en la riqueza del medio y abastecen el suministro para la sostenibilidad del ecosistema (FAO, 2019).

### **Índices de Diversidad**

#### **Índice de Shannon - Wiener**

Es un índice basado en la información y en la probabilidad de localizar determinado individuo, con el fin de representar la riqueza y abundancia de especies en un ecosistema. Se calcula con la fórmula:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 (p_i)$$

En donde:

**pi:** Número de individuos en el sistema de especie determinada i

**N:** Número total de individuos

**S:** Número total de especies

Los valores resultantes normalmente se encuentran entre 1 y 4,5; valores mayores a tres ya suelen ser denominados “diversos”, existen ecosistemas ricos que pueden superar el valor máximo de 5 (Pla, 2006).

### **Índice de Jaccard**

El índice o coeficiente similitud de Jaccard es una expresión matemática simple que permite expresar y determinar la semejanza entre dos o más comunidades. Este índice está basado por la relación entre la presencia - ausencia en el número de especies comunes en las comunidades o áreas de muestreo y el número total de especies recolectados (Moreno, 2001).

## CAPÍTULO III

### Metodología

#### Ubicación de las áreas de investigación

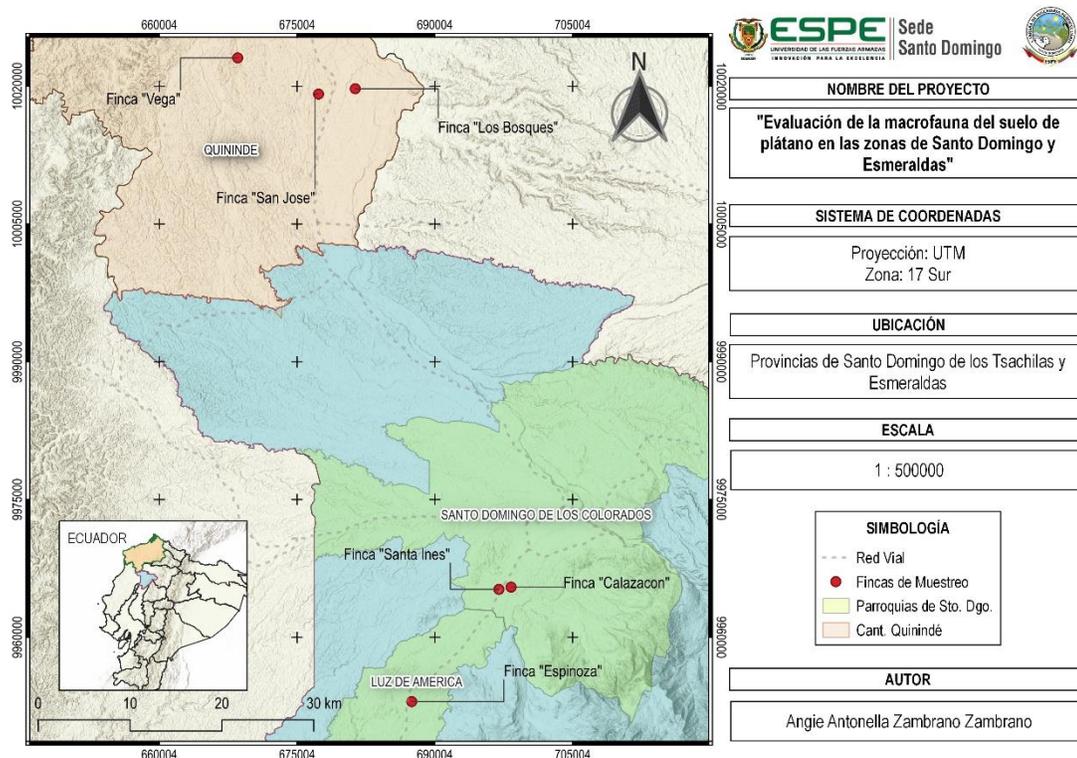
##### Ubicación Política

La investigación se realizó en las localidades de Santo Domingo y de Esmeraldas, para la recolección de las muestras se seleccionaron seis fincas productoras de plátano (*Musa paradisiaca* L.); tres fincas ubicadas en la Provincia de Santo Domingo y tres ubicadas en Esmeraldas.

##### Ubicación Geográfica

#### Figura 1.

Mapa de los sitios de muestreo en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas donde se desarrolló la investigación



Nota: La figura representa el croquis de las localidades de estudio.

## Caracterización de las zonas de muestreo

**Tabla 3.**

*Caracterización de las zonas de muestreo (fincas)*

Ubicación	SANTO DOMINGO		
	Finca Santa Inés	Finca Calazacón	Finca Espinoza
<b>Coordenadas UTM 17M</b>	9965208,604 N 696976,16 E	9965448,131 N 698307,59 E	9952985,744 N 687483,22 E
<b>Dirección</b>	Vía Quevedo Km. 9	Comuna Tsáchila	Vía Quevedo km. 28
<b>Propietario</b>	Sra. Betty Fabiola	Sr. Rigoberto Calazacón	Sr. Mauricio Espinoza
<b>Hectáreas</b>	3 has.	10 has.	10 has.
Ubicación	ESMERALDAS		
	Finca San José	Finca Vega	Finca Los Bosques
<b>Coordenadas UTM 17M</b>	10019152,09 N 677331,95 E	10023091,51 N 668531,75 E	10019739,11 N 681333,17 E
<b>Dirección</b>	Recinto La Libertad Km. 190 Vía Quinindé- Esmeraldas	Recinto La Libertad Vía Quinindé- Esmeraldas	Recinto El Limón Parroquia La Unión
<b>Propietario</b>	Sr. Edgar Haro	Sr. Wilson Vega	Sr. Rodolfo Bosques
<b>Hectáreas</b>	23 has.	8 has.	10 has.

## Materiales

### Materiales de Campo

- GPS
- Machete
- Pala

- Cinta métrica
- Tarrinas plásticas
- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Monolito de metal 25x25 cm

#### **Materiales de Oficina**

- Computadora
- Calculadora
- Hojas A4
- Impresora
- Folder
- Esferos
- Flash memory

#### **Materiales de Laboratorio**

- Cajas Petri
- Equipo de disección

#### **Equipos**

- Estereomicroscopio
- Balanza digital

#### **Insumos**

- Alcohol al 70%
- Formol al 4%

#### **Metodología**

##### **Tipo de investigación**

Se realizó una investigación descriptiva referente a la población de macro invertebrados en el suelo de las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas, aplicando la observación científica al momento de examinar los individuos para su clasificación taxonómica, observación directa debido al contacto con los individuos para análisis estadístico e indirecta por información bibliográfica recopilada previamente.

### **Diseño de investigación**

Se aplicó un diseño no experimental descriptivo transversal ecológico y se empleó las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y de Levene para el análisis de los datos recopilados, verificando que los datos no cumplieran los supuestos de homogeneidad y normalidad.

Se utilizó el test Kruskal-Wallis (prueba no paramétrica) para la comparación de medias de las variables de biomasa, densidad poblacional e índices de diversidad y se ejecutaron curvas de abundancia utilizando datos transformados logarítmicamente para establecer dominancia de individuos por familia en las localidades.

### **Variables evaluadas**

#### **Clasificación de los componentes biológicos**

Se realizó en el Laboratorio de la Universidad y se empleó las claves especializadas utilizada por Lavelle et al., (1992) para la clasificación de los artrópodos encontrados en cada monolito, tratando de llegar lo más específico posible a la identificación de sus categorías taxonómicas Clase, Orden y Familia a la que pertenecen. Se utilizó un equipo de disección y un estereomicroscopio en laboratorio para facilitar el análisis de los organismos.

#### **Biomasa total**

Se pesó las muestras con una balanza digital y se determinó mediante la siguiente fórmula expresada en g/m<sup>2</sup>:

$$B = \frac{W}{A}$$

En la cual:

**B:** Biomasa                      **W:** Peso de individuos                      **A:** Área de muestreo

### Densidad poblacional

Se realizó el cálculo de la Densidad poblacional mediante la siguiente fórmula y se expresó en individuos/m<sup>2</sup>:

$$D = \frac{N}{A}$$

En la cual:

**D:** Densidad

**N:** Número de individuos

**A:** Área de muestreo

### Índices de diversidad

Se estimó el Índice de diversidad Shannon-Wiener para el principio de equidad mediante la siguiente ecuación:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_2 (p_i)$$

En la cual:

**p<sub>i</sub>:** Número de individuos en el sistema de especie determinada i

**N:** Número total de individuos

**S:** Número total de especies

Se determinó mediante el Índice de Jaccard la similitud entre organismos expresado en la siguiente ecuación:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

En la cual:

**a:** Número de especies presentes en sitio A

**b:** Número de especies presentes en sitio B

**c:** Número de especies presentes entre sitios A y B

## Manejo de la investigación

### Áreas de estudio

Se identificó las zonas productoras de plátano en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas, a fin de seleccionar seis fincas para la realización de esta investigación, tres en cada localidad respectivamente.

Se tomó los datos geográficos de ubicación de las fincas seleccionadas con GPS, obteniendo las coordenadas exactas de las zonas a evaluar; finalmente se realizó un mapa topográfico para la georreferenciación de los sitios.

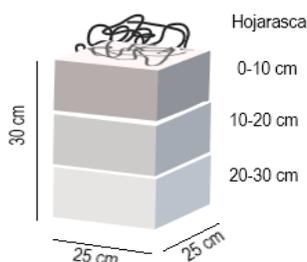
### Muestreo

Dentro de las fincas antes mencionadas se seleccionó aleatoriamente 5 sitios de muestreo, a lo largo de un transecto con un espaciamiento de 10 m cada sitio.

Se aplicó la metodología Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) utilizada por Lavelle et al., (1992), basada en un monolito de suelo de 25 x 25 cm dividido en cuatro estratos; hojarasca, 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm de profundidad.

### Figura 2.

*Esquema de muestreo por método TSBF*



Nota: En la figura se representa la técnica para la toma de muestras para macro invertebrados, metodología Tropical Soil Biology and Fertility utilizada por Lavelle et al., (1992).

### **Recolección de muestras**

Se determinó el área de muestreo luego se ubicó el cuadrante de 25 x 25 cm, se retiró la hojarasca y se extrajo los organismos presentes, inmediatamente con la pala se cavó un hoyo con las tres diferentes profundidades.

Se colocó las porciones de suelo extraído en bandejas para recolectar todo artrópodo presente en él, luego se los recolectó en tarrinas plásticas con alcohol al 70% y se etiquetó cada muestra con los datos de la finca, número de monolito y profundidad de muestreo. Una vez recolectadas todas las muestras se cubrió con la tierra extraída los hoyos realizados.

**CAPÍTULO IV**  
**Resultados y Discusión**

**Composición y abundancia de la comunidad de Macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas**

**Tabla 4.**

*Composición taxonómica (orden y familia) de la comunidad de macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas.*

Santo Domingo		Esmeraldas	
Órdenes	Familias	Órdenes	Familias
		Mesostigmata	Phytoseiidae
Araneae	Theridiidae	Araneae	Linyphiidae
			Theridiidae
Geophilomorpha	Mecistocephalidae	Pseudoescorpionida	Chthoniidae
Haplotaxida	Lumbricidae	Geophilomorpha	Mecistocephalidae
		Haplotaxida	Lumbricidae
Crassiclitellata	Sparganophilidae	Julida	Julidae
Julida	Julidae	Polydesmida	Polydesmidae
Polydesmida	Polydesmidae	Diplura	Campodeidae
Pulmonata	Helicidae	Pulmonata	Helicidae
	Blattellidae		Blattellidae
Blattodea	Cryptocercidae	Blattodea	Cryptocercidae
	Carabidae		Carabidae
	Cantharidae		Cantharidae
	Curculionidae		Curculionidae
Coleoptera	Scarabaeidae (Larvas)	Coleoptera	Scarabaeidae (Larvas)
	Larvas (N.I)		Larvas (N.I)
	Anisolabididae		Anisolabididae
Dermaptera	Forficulidae	Dermaptera	Forficulidae
	Alydidae		Alydidae
	Coccoidea		Coccoidea
Hemiptera	Pentatomidae	Hemiptera	Pentatomidae
	Rhyparochromidae		
Hymenoptera	Formicidae	Hymenoptera	Formicidae
Isoptera	Termitidae	Isoptera	Termitidae
Lepidoptera	Gelechiidae	Lepidoptera	Larva (N.I)
	Acrididae		Acrididae
Orthoptera	Tetrigidae	Orthoptera	Tetrigidae
	Porcellionidae		Porcellionidae
Isopoda		Isopoda	

Nota: Esta tabla muestra la composición y abundancia de especies de la macrofauna mediante la clasificación por orden y familia a la que pertenecen.

La evaluación de la composición y abundancia en las diferentes profundidades de muestreo en las dos localidades, demostró la incidencia de 8 grupos taxonómicos que comprendieron 19 órdenes, de los cuales se identificaron 31 familias en total, 28 familias en la localidad de Esmeraldas y 26 familias en Santo Domingo respectivamente (Tabla 4).

Tal como se aprecia la composición taxonómica a nivel de órdenes (Tabla 4), la comunidad de macrofauna del suelo en las dos localidades fue diversa también a nivel de familias (Figura 3, Tabla 4).

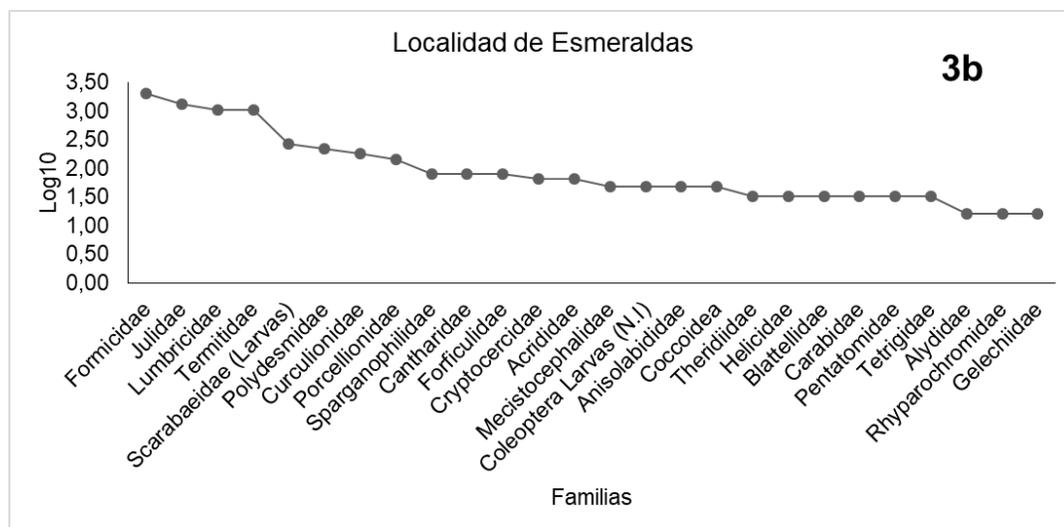
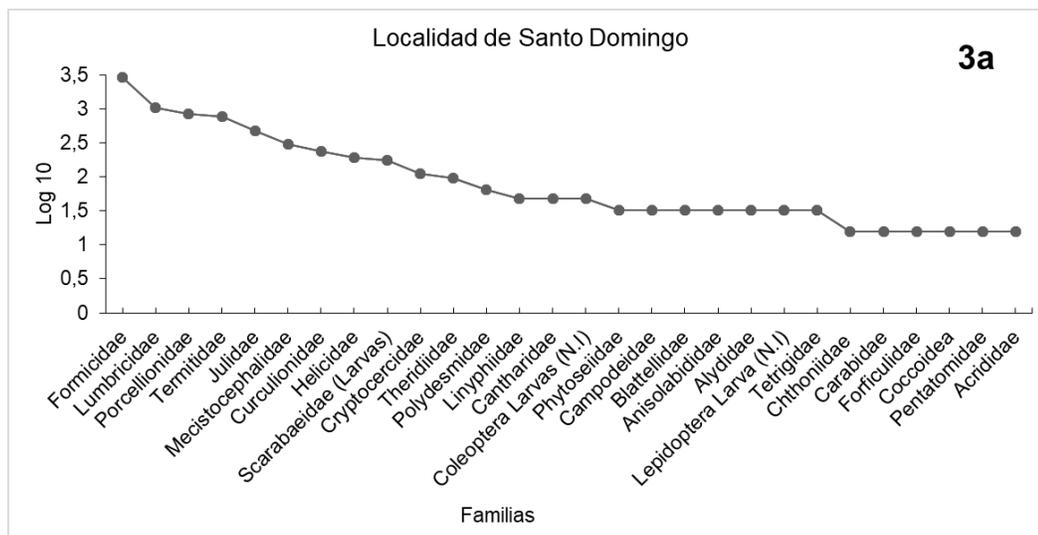
De acuerdo a la forma de las curvas de abundancia (Figura 3), se considera que las comunidades de macrofauna edáfica encontradas en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas son numerosas y equitativas entre sí. La diferencia apreciable entre las comunidades es en su composición (Figura 3). Con respecto a las familias de especies con mayor dominancia en Santo Domingo se encuentran Formidaceae, Lumbricidae, Porcellionidae y Termitidae; por otra parte las familias con mayor dominio en la zona de Esmeraldas son Formidaceae, Julidae, Lumbricidae y Termitidae.

Según el trabajo realizado por Rios (2019), identificó y cuantificó la macrofauna evaluando densidad y diversidad biológica en sistemas de uso de tierra (pasto, cultivo de plátano, cacao y maíz); los resultados obtenidos respecto a indicadores biológicos encontraron 15 órdenes, con predominio del orden Hymenoptera seguido por Haplotaxida, Isoptera e Isopoda; determinó una mayor predominio de diversidad y densidad en el cultivo de plátano con mayor número de individuos.

Según Lavelle (2001), la predominancia y abundancia de los grupos taxonómicos en la macrofauna edáfica se encuentra determinada por factores del ambiente como la temperatura, disponibilidad de recursos (materia orgánica, nutrientes) y de variaciones en la humedad del suelo.

**Figura 3.**

Curva de abundancia en logaritmo base 10 de la macrofauna edáfica en las diferentes localidades en base a las familias; 3a (Santo Domingo), 3b (Esmeraldas).

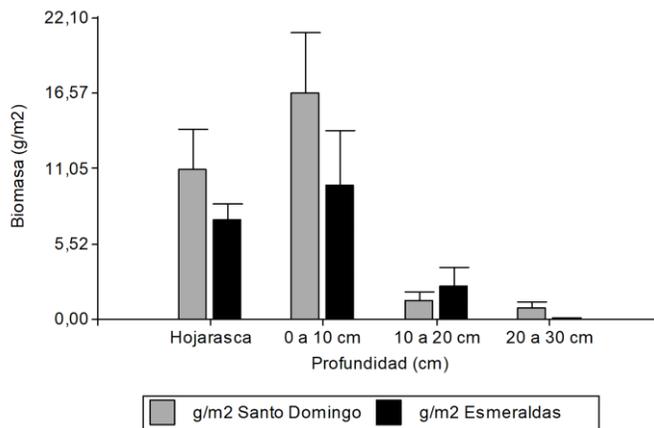


Las poblaciones de especies de macrofauna edáfica variaron según las localidades, siendo mayor en la localidad de Esmeraldas con 18 grupos taxonómicos (Tabla 4), con familias más representativas (Formicidae y Julidae); lo que indica una mayor predominio de hormigas con un 28,8% y un 37,9% en cada localidad respectivamente (Figura 3)(Tabla 5).

## Biomasa de la Macrofauna del suelo

**Figura 4.**

*Biomasa de la macrofauna en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas.*



Nota: Esta figura muestra la biomasa acumulada en las diferentes profundidades del suelo en las localidades de estudio.

La biomasa de la macrofauna edáfica fue mayor a los 0 a 10 cm de profundidad de muestreo con medias de 16,6 g/m<sup>2</sup> en Santo Domingo y 9,86 g/m<sup>2</sup> en Esmeraldas, realizando la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis demostró que la biomasa en la Hojarasca y de 0 a 10cm en las dos localidades son estadísticamente similares; en comparación con las profundidades de 10 a 20 cm y 20 a 30 cm donde no se evidencia diferencia significativa entre ellas ya que los individuos eran escasos a estos niveles (Figura 4).

La biomasa en las dos localidades presentó una diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0,01$ ) entre las profundidades de muestreo, presentando valores mínimos a los 20 a 30 cm con 0,81 g/m<sup>2</sup> en Santo Domingo y 0,05 g/m<sup>2</sup> en Esmeraldas; evidenciándose que las poblaciones más abundantes se encontraban en la hojarasca y a los 0 a 10 cm de profundidad mostrando la mayor cantidad de lombrices de tierra y hormigas.

Huaman (2016) cuantificó e identificó la macrofauna a diferentes profundidades en tres sistemas de uso de tierra (cultivo cacao con plátano, cítrico con cacao y cultivo de cacao), donde en los sistemas cacao y cacao con plátano obtuvo una variación en las biomásas de 9,98 g/m<sup>2</sup> y 10,78 g/m<sup>2</sup>, mientras que en el sistema cítrico con cacao obtuvo una biomasa menor a los otros sistemas con 7,95 g/m<sup>2</sup>.

### Densidad Poblacional

**Tabla 5.**

*Densidad (ind/m<sup>2</sup>) de organismos de la macrofauna edáfica encontradas en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas*

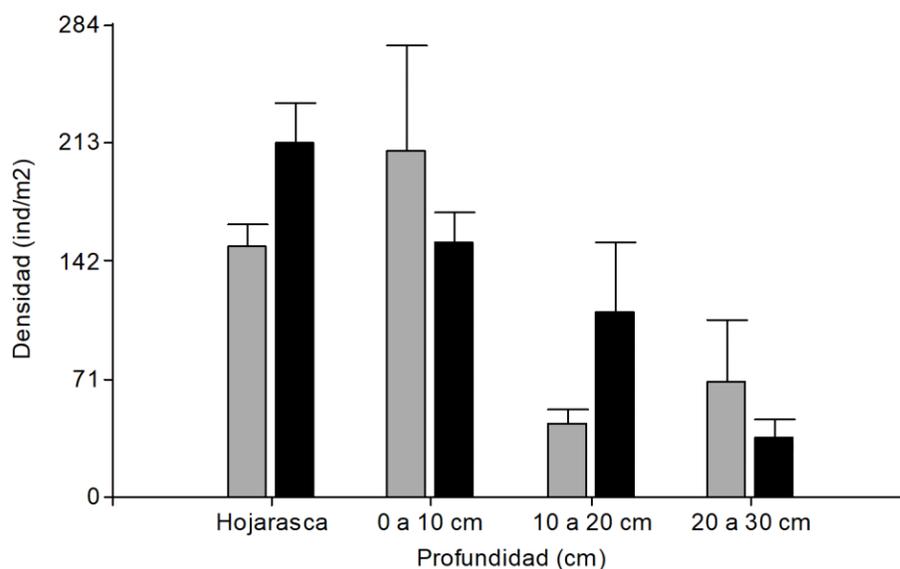
Grupos	Santo Domingo		Esmeraldas	
	ind/m <sup>2</sup>	%	ind/m <sup>2</sup>	%
Araneae	32	0,4	144	1,9
Blattodea	96	1,3	144	1,9
Coleoptera	608	8,5	528	6,8
Crassiclitellata	80	1,1	0	0
Dermaptera	128	1,8	48	0,62
Diplura	0	0	32	0,4
Geophilomorpha	48	0,7	304	3,9
Haplotaaxida	1040	14,6	1056	13,7
Hemiptera	112	1,6	64	0,8
Hymenoptera	2048	28,8	2928	37,9
Isopoda	144	2	848	11
Isoptera	1056	14,8	768	9,9
Julida	1360	19,1	480	6,2
Lepidoptera	16	0,2	32	0,4
Mesostigmata	0	0	32	0,4
Orthoptera	96	1,3	48	0,6
Polydesmida	224	3,1	64	0,8
Pseudoescorpionida	0	0	16	0,2
Pulmonata	32	0,4	192	2,5
<b>Total</b>	<b>7120</b>	<b>100</b>	<b>7728</b>	<b>100</b>

Nota: Esta figura muestra la cantidad de individuos por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>), encontrados en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas.

El número de individuos en las dos localidades fue de 14848 ind/m<sup>2</sup>, los valores más altos se presentan en la localidad de Esmeraldas con registros de 7728 ind/m<sup>2</sup> con 18 grupos taxonómicos (Tabla 5), donde predominaron las órdenes Hymenoptera (2928 ind/m<sup>2</sup>), Haplotaxida (1056 ind/m<sup>2</sup>) e Isoptera (768 ind/m<sup>2</sup>)(Tabla 5); seguida de la localidad de Santo Domingo donde se encontraron 16 grupos con 7120 ind/m<sup>2</sup> en la cual predominaron las órdenes Hymenoptera (2048 ind/m<sup>2</sup>), Julida (1360 ind/m<sup>2</sup>), Isoptera, Haplotaxida y Coleoptera; en esta localidad no se encontraron individuos del orden Mesostigmata, Diplura y Pseudoescorpionida; aunque difiere con el orden Crassicitellata en la localidad de Esmeraldas donde no se registró ningún individuo (Tabla 5).

### Figura 3.

*Comparación de la densidad poblacional de macrofauna edáfica recolectada a diferentes profundidades en las dos localidades*



Nota: Esta figura muestra media poblacional de individuos encontrados expresada por metro cuadrado (ind/m<sup>2</sup>), en cada una de las profundidades de muestro (cm) en las localidades estudiadas.

De manera general se encontró diferencias en la macrofauna por profundidad de muestreo, se registró la mayor concentración de individuos macro invertebrados en la hojarasca y en los primeros 20 cm de profundidad del suelo; con altas concentraciones a la profundidad de 0 a 10 cm; y densidades similares con menor concentración a las profundidades de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm (Figura 5).

De acuerdo con la investigación realizada por Daza (2019), menciona que existe una relación entre la profundidad de muestreo con la cantidad de individuos presentes en cada uno de los niveles.

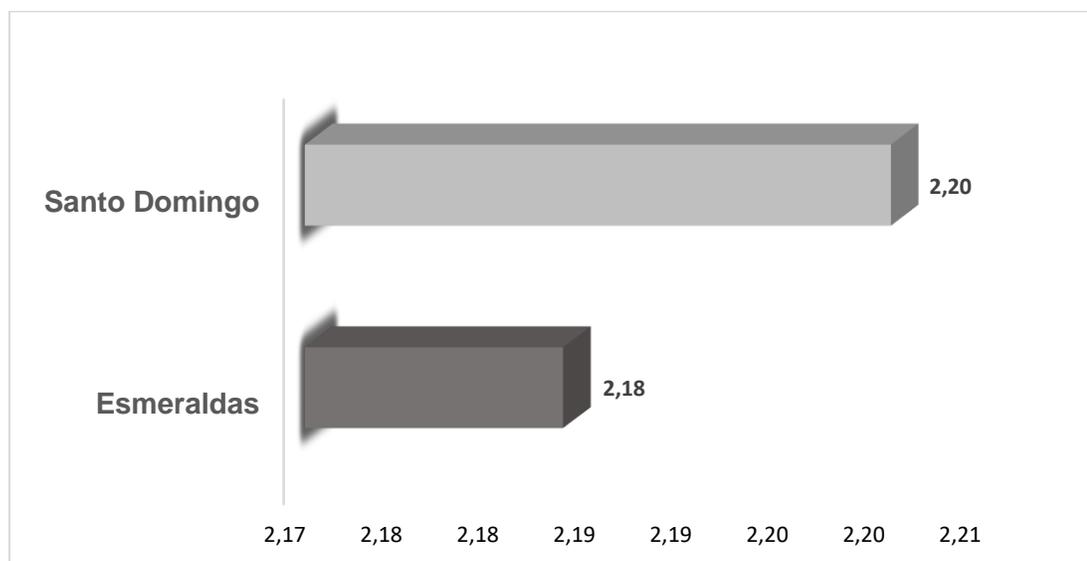
La disposición de macrofauna en una distribución vertical está determinada por la mayor parte de alimento orgánico disponible de la capa vegetal que recubre el suelo, además de la influencia de factores climáticos como la humedad y temperatura que ofrece el contenido de materia orgánica en los perfiles de suelo; el factor más esencial para identificar la localización y actividad de las lombrices es la humedad, ya que estos organismos la necesitan para sus procesos biológicos (Navia, 2003; Jiménez et al., 2013).

## Índices de Diversidad

### Índice de diversidad de Shannon-Wiener

**Figura 4.**

*Índice de diversidad de Shannon-Wiener para la macrofauna en de Santo Domingo y Esmeraldas*



Nota: La figura muestra la diversidad de familias presentes en la macrofauna del suelo presente en las localidades de estudio.

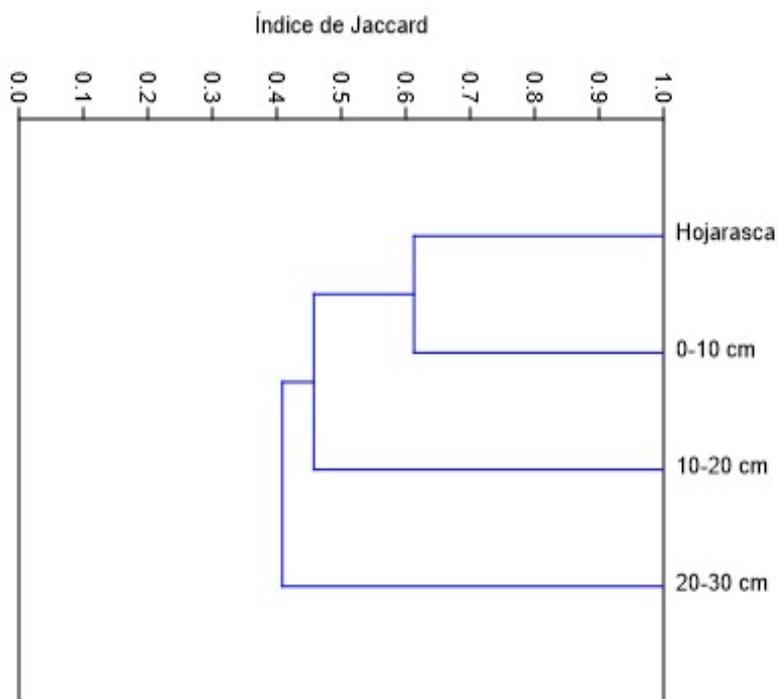
La comparación de diversidad de familias basada en el índice de Shannon-Wiener manifestó un índice de 2,20 en Santo Domingo y 2,18 en Esmeraldas; fue más alto en la localidad de Santo Domingo pero no existió diferencia significativa, teniendo géneros con similar dominancia dentro de las órdenes encontradas en mayor abundancia (Figura 6).

Según Pla (2006), los valores resultantes por lo general se encuentran entre 1 y 4,5; valores mayores a 3 suelen considerarse diversos y valores menores a 2 representan una baja diversidad. Por lo tanto, en la Figura 6 se demuestra que las dos localidades poseen una gran diversidad de especies ya que coinciden con lo anteriormente mencionado.

## Índice de similitud de Jaccard

**Figura 5.**

*Similitud de la macrofauna en su composición de familias a diferentes profundidades*



Nota: Esta figura demuestra la similitud entre las profundidades de muestreo y las familias encontradas en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas

El coeficiente de Jaccard a diferentes profundidades de muestreo mostró valores de similitud más altos entre la hojarasca y 0 a 10 cm de profundidad ( $J=0,61$ ), por lo cual se estable los dos muestreos comparten el 61% de similitud a nivel de familias encontradas; al comparar las profundidades de 0 a 10 cm y 10 a 20 cm se pudo apreciar una similitud del 52% ( $J=0,52$ ), se obtuvo un menor índice entre la hojarasca y 20 a 30 cm de profundidad ( $J=0,31$ ).

Según Vega et al., (2014), atribuyen que la gran cantidad y diversidad de especies en los primeros niveles se debe a la disponibilidad de nutrientes, humedad, temperatura y depende de los procesos ecológicos que cumplen los organismos en las distintas profundidades de suelo.

## CAPÍTULO V

### Conclusiones

Se determinó la biomasa de la macrofauna edáfica obteniendo valores mayores a los 0 a 10 cm de profundidad de muestreo en las dos localidades, con valores de 16,6 g/m<sup>2</sup> en Santo Domingo y 9,86 g/m<sup>2</sup> en la localidad de Esmeraldas

Las órdenes con mayor predominio fueron Hymenoptera (Familia Formicidae) con 28,8% y 37,9% en Santo Domingo y Esmeraldas respectivamente, seguida por las Familias Lumbricidae, Porcellionidae, Julidae y Termitidae. La composición y abundancia de la comunidad de macrofauna edáfica difirió significativamente entre las localidades estudiadas ( $p < 0,01$ ), las diferencias fueron evidentes a nivel de órdenes y familias.

Se evidenció una mayor densidad de individuos en la localidad de Esmeraldas (7728 ind/m<sup>2</sup>) en comparación a Santo Domingo (7120 ind/m<sup>2</sup>), con altas poblaciones de Hymenoptera y Haplotaxida con 2928 y 1056 especímenes, debido a la diversidad biológica y distribución de los mismos en las diferentes profundidades del suelo.

Para la estimación del índice de diversidad, mediante el método de índice de Shannon-Wiener, se observó que valores mayores a 2 representan una gran diversidad de macrofauna, siendo la localidad de Santo Domingo ( $H = 2,20$ ) la más diversa en comparación con la otra localidad estudiada.

Según el índice de similitud de Jaccard mediante la comparación de las profundidades de muestreo y las familias presentes, existe una similitud del 61% en las muestras tomadas en la hojarasca y 0 a 10 cm de profundidad, es decir que los dos muestreos comparten la mayor cantidad de familias encontradas en las dos localidades.

## Recomendaciones

Efectuar un seguimiento de la transición de las comunidades edáficas en las localidades de Santo Domingo y Esmeraldas para determinar la correlación existente entre la abundancia de especies con las diferentes localidades, manejo de cultivo, uso de suelo y época del año.

Considerar el orden Hymenoptera y Lumbricidae como indicadores biológicos para la determinación de características físico-químicas del suelo en futuros estudios.

Es importante realizar varios muestreos en diferentes épocas del año, para conocer la dinámica de las poblaciones de macro invertebrados y su variación en las distintas profundidades del suelo.

Analizar las especies de macrofauna edáfica de acuerdo a sus grupos funcionales en fincas de plátano, a fin de preservar aquellas que son benéficas para el cultivo, mediante proyectos de capacitación a agricultores y extensionistas.

## CAPÍTULO VI

### Bibliografía

- Anchundia, M. (2015). *Diversidad de la Macrofauna del suelo en los sistemas de producción de banano y plátano en la zona de El Carmen y La Maná*. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Araujo, P., Buckup, L., & Bond-Buckup, G. (s.f.). *Isópodos terrestres (Crustacea, Oniscidea) de Santa Catarina e Rio Grande do Sul*. Brazil: Iheringia, Seria Zoología.
- Armendáriz, Landázuri, Taco, & Ulloa. (2016). *Efectos del control del picudo negro (Cosmopolites sordidus) en los plátanos*. Costa Rica: Agronomía Mesoamericana.
- Baldwin, R., Foos, E., & Wells, R. (1997). *Facile preparation of nanocrystalline gallium antimonide*. Materials Research Bulletin.
- Barnes, R. (1986). *Zoología de los Invertebrados*. Cuba: 4ta ed. Vol. I y II.
- Barros, E. (1999). *Effet de la Macrofaune Sur la Structure et les Processus Physiques du Sol de Paturages Degradés D'Amazonie*. France: Thèse de Doctorat de.
- Bickel, D., Pape, T., & Meier, R. (2009). En *Diptera Diversity: Status, Challenges and Tools* (pág. 459). Leiden- Boston: Brill.
- Bueno Villegas, J. (2012). *Diplópodos: Los desconocidos formadores del suelo*. CONABIO. Biodiversistas, 102.
- Cabrera, G. (2014). *Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en CUBA*. Cuba: The Ruffor Foundation.
- Daza, F. (2019). *Componente microbiológico (macro invertebrados) en el sistema de uso del suelo (Theobroma cacao L.) Cacao y (Guazuma crinita L.) Bolaina en el Fundo Rosales*. Tingo María - Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- FAO. (2019). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Obtenido de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/es/>

- Fernández, F., & Sharkey, M. (2006). *Introducción Hymenoptera de la Región Neotropical*. Colombia: Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia.
- Francke, O. (2014). *Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México*. Distrito Federal, México: Revista Mexicana de Biodiversidad, vol.85. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42529679019>
- González, V., Hernández, I., & Espinales, S. (2014). *Evaluación de la diversidad de la macrofauna en las fincas plataneras cuerno enano (AAB) en los municipios de León y Posoltegas*. León- Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Guzmán, P., Guevara, R., Olguín, J., & Mancilla, O. (2016). *Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos*. Obtenido de [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292016000300009&lng=en&nrm=iso&tIng=en](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292016000300009&lng=en&nrm=iso&tIng=en)
- Herrera, L. (30 de Junio de 2015). Clase Insecta- Orden Dermáptera. *Revista IDE@SEA n°42*. Obtenido de <https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/39017/1/pdf.pdf>
- Huaman, I. (2016). *Indicadores de la calidad de suelos en tres sistemas de uso de la tierra, sector Shitari, Huamalíes*. Tingo María, Perú: Universidad Agraria de la Selva.
- Jiménez, J., Moreno, G., Decaens, T., & Lavelle, P. (2003). *Comunidades de lombrices en las sabanas y en los pastizales introducidos en los llanos orientales de Colombia*. Colombia.
- Lavelle, P., Dangerfield, C., Fragoso, V., & Eschen, M. (1994). *The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility*. Chichester: Woomer, P. y Swift, M.
- Lavelle, P. (2001). *Soil function in a changing world: The role of invertebrate ecosystem engineers*.
- Lavelle, P., & Spain, A. (2001). *Soil Ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lavelle, P., Spain, A., Blanchart, E., Martin, A., & Martin, S. (1992). *The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics*. Madison Wisconsin: Myths and Science of Soils of the Tropics. SSSA Special Publication.

- Lema, N. (2016). *"Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelo en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug"*. Riobamba- Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Marín, E., Feijoo, A., & Peña, J. (2001). Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca. *Suelos Ecuatoriales*, 31:233.
- Molina, J., & Feijoo, A. (2016). *Uso del suelo y efecto sobre propiedades químicas, macrofauna en cultivo de plátano*. Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira & Universidad del Quindío.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza (España): M & T- Manuales y Tesis SEA, Vol. 1.
- Navia, J. (2003). *Impacto de los diferentes sistemas de uso de la tierra sobre la biota del suelo en el departamento del Cauca*. Palmira, valle del Cauca. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, escuela de postgrados.
- Palacios, J. (2014). Biodiversidad de Collembola (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* (85), 220-231.
- Pardo, L., Vélez, F., & Sevilla, E. (2006). *Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de tierra, en los andes colombianos*. Colombia: Universidad del Valle .
- Pashanasi, B. (2001). *Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana*. Yurimaguas, Loreto (Perú): Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Patiño, M., Espinosa, J., Rueda, D., Gallardo, V., & Gooty, J. (2017). *Efecto de la fertilización convencional y orgánica sobre la eficiencia frutal y sobre la evolución de la macrofauna edáfica en cultivares de Plátano*. Santo Domingo: Instituto de Agropecuaria Superior Andino- IASA2- ESPE.
- Pla, L. (Agosto de 2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33911906.pdf>

- Rios, E. (2019). *Densidad y diversidad biológica en sistemas de uso del suelo en Palo de Acero, distrito de Monzón*. Tingo María. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Sagawa, V. (2014). *"Evaluación de macrofauna en diferentes ecosistemas en el Parque Nacional Tingo María Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa*. Tingo María-Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Saltos, C. (Diciembre de 2020). *Comparación de la macrofauna del suelo en agrosistemas productores de Plátano (Musa spp)*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/12/agrosistemas-productores-platano.html>
- Saluso, A. (2013). *Isópodos terrestres asociados al cultivo de soja en siembra directa*. Argentina: INTA EEA Paraná.
- Triplehorn, C., Johnson, N., & Borror, D. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Minnesota: Thompson Brooks; N.º: 7 edición.
- Vega, M., Herrera, R., Rodríguez, G., Sánchez, S., Lamela, L., & Santana, A. (2014). *Evaluación de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en el Valle del Cauto, Cuba*. Cuba: Revista Cuba de Ciencia Agrícola.
- Walwork, J. (1970). *Ecology of soil animals*. London: McGraw.