



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

Arias Castro, Ángel Fernando

Departamento de ciencias de la vida y la agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Patiño Cabrera, Marcelo de Jesús Mgs

19 de agosto del 2021



URKUND

Urkund Analysis Result

Analysed Document: Evaluación de la macrofauna del suelo en cacao en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas.docx (D111433314)

Submitted: 8/18/2021 7:26:00 PM

Submitted By: afarias2@espe.edu.ec

Significance: 0 %

Sources included in the report:

Instances where selected sources appear:

Firma:



Firmado digitalmente por:
MARCELO DE JESUS
PATINO CABRERA

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



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

CERTIFICADO DEL DIRECTOR

Certifico que el trabajo de titulación, "EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN CACAO EN LAS ZONAS DE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS" fue realizado por el estudiante Arias Castro Ángel Fernando 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 de los Tsáchilas, 19 de agosto de 2021

Firma:



Firmado digitalmente por:
MARCELO DE JESUS
PATIÑO CABRERA

Ing. Patiño Cabrera Marcelo de Jesús Mgs.

C. C.: 1708421605



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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Arias Castro Ángel Fernando**, con cédula de ciudadanía N° **2300217375** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN CACAO 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 de los Tsáchilas, 19 de agosto de 2021

Firma:

Arias Castro Ángel Fernando

C.C.: 2300217375



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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Arias Castro Ángel Fernando**, con cédulas de ciudadanía N° **2300217375** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"EVALUACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO EN CACAO EN LAS ZONAS DE SANTO DOMINGO Y ESMERALDAS"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 19 de agosto de 2021

Firma:

Arias Castro Ángel Fernando

C.C.: 2300217375

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.

A mi hermosa familia, especialmente a mis padres Blanca y Luis quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y Perseverancia.

Ángel Fernando Arias Castro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la "Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE" y a su personal de docentes que durante el transcurso de nuestra vida universitaria se esmeran en brindarnos de los conocimientos necesarios para poder desarrollarnos como futuros profesionales.

A mis padres quienes siempre me han brindado de su apoyo y confianza.

De igual manera agradezco al Ing. Marcelo Patiño por su paciencia y enseñanza durante el transcurso del proyecto de titulación.

A mi novia, Gabriela por ser un apoyo incondicional a lo largo de mi carrera.

A mis buenos amigos especialmente Wendy y Stephanie quienes me han acompañado a lo largo de este viaje y con quienes he forjado grandes lazos de amistad.

Ángel Fernando Arias Castro

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Análisis Urkund	2
Certificado del director.....	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenido	8
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
Resumen.....	14
Abstract	15
Capítulo I.....	16
Introducción.....	16
Objetivo General	18
Objetivos específicos.....	18
Capítulo II.....	19
Marco teórico.....	19
Antecedentes	19

Ecosistemas de los cacaotales	20
Generalidades de los invertebrados	21
Características de los artrópodos del suelo.	22
Insecto y arácnidos.....	22
Miriápodos y crustáceos	22
Oligochaeta	23
Macrofauna del suelo.	23
Clasificación de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica.....	25
Herbívoros	25
Depredadores	25
Detritívoros	26
Ingenieros del suelo.....	26
Biodiversidad biológica	26
Diversidad genética	27
Riqueza específica	27
Índice de Shannon – weaver	27
Índice de Jaccard	28
Capítulo III.....	29
Materiales y métodos	29
Áreas de estudio.....	29
Ubicación geográfica	30

	10
Materiales de escritorio.....	30
Materiales de campo	30
Herramientas.....	31
Equipos	31
Metodología.....	31
Tipo de investigación	31
Diseño de la investigación	31
Variables evaluadas	32
Clasificación taxonómica de la macrofauna	32
Biomasa	32
Densidad poblacional	32
Índices de diversidad	33
Índice de Shannon – Weaver.....	33
Índice de Jaccard.....	33
Manejo de la investigación.....	34
Capítulo IV	35
Resultados y discusión.....	35
Clasificación taxonómica	35
Densidad poblacional	39
Biomasa	40
Índice de Shannon – Weaver.....	41

Índice de Jaccard	42
Capítulo V	44
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Capítulo VI	46
Bibliografía	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas UTM de las fincas muestreadas en ambas localidades.....	29
Tabla 2	Clasificación taxonómica y número de individuos de cada localidad.....	35
Tabla 3	Índice de Shannon - Weaver en ambas localidades	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Zonas de investigación.....	30
Figura 2	Diseño de los monolitos muestreados.....	34
Figura 3	Clases de macroinvertebrados.....	36
Figura 4	Número de individuos de acuerdo al grupo taxonómico.....	38
Figura 5	Densidad poblacional en Santo Domingo.....	39
Figura 6	Densidad poblacional en Esmeraldas.....	39
Figura 7	Biomasa por nivel de suelo.....	40
Figura 8	Índice de Jaccard por niveles de suelo.....	42
Figura 9	Índice de Jaccard de ambas localidades	43

RESUMEN

Las prácticas agrícolas que se realizan en las plantaciones de cacao pueden provocar la degradación de hábitat para una gran variedad de macroinvertebrados ocasionando la pérdida de servicios ecosistémicos, por esta razón la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los componentes biológicos (macrofauna) en estos tipos de suelo. La metodología utilizada fue la propuesta por la Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), se emplearon 5 monolitos por finca muestreando la hojarasca, profundidad de 0 – 10 cm, 10 – 20 cm y de 20 – 30 cm, se utilizó un cuadrante de 25 cm x 25 cm y los individuos recolectados se colocaron en cajas Petri con alcohol al 70% y posteriormente llevados al laboratorio. Los resultados demostraron que la localidad con mayor número de artrópodos fue Santo Domingo con 176, mientras que en Esmeralda se obtuvieron 162, de igual manera se observó que el estrato de 0 a 10 cm se caracteriza por presentar una elevada cantidad de macroinvertebrados especialmente de la familia Lumbricidae dando un porcentaje del 51,14% del total de macroinvertebrados en la zona de Santo Domingo y 44,4% en Esmeraldas, esta característica influyo en que la biomasa y densidad sea mayor a esta profundidad. En cuanto a los índices de biodiversidad y similitud de especie demostraron que estos cultivos son poco diversos al obtener valores de $H' = 1,89$ y $1,91$, y que ambas localidades comparten un 70,5% de especies.

PALABRAS CLAVES

- **ARTRÓPODOS**
- **LUMBRICIDAE**
- **BIODIVERSIDAD**
- **JULIDA**

ABSTRACT

The agricultural practices that are carried out in cocoa plantations can cause the degradation of habitat for a wide variety of macroinvertebrates causing the loss of ecosystem services, for this reason the present research aimed to evaluate the biological components (macrofauna) in these types of soil. The methodology used was the one proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), 5 monoliths were used per farm sampling the leaf litter, depth of 0 – 10 cm, 10 – 20 cm and 20 – 30 cm, a quadrant of 25 cm x 25 cm was used and the collected individuals were placed in petri dishes with 70% alcohol and then taken to the laboratory. The results showed that the locality with the highest number of arthropods was Santo Domingo with 176, while in Esmeralda 162 were obtained, in the same way it was observed that the stratum from 0 to 10 cm is characterized by a high amount of macroinvertebrates especially of the Lumbricidae family giving a percentage of 51.14% of the total macroinvertebrates in the area of Santo Domingo and 44.4% in Esmeraldas, this characteristic influenced the biomass and density to be greater than this depth. As for the indices of biodiversity and species similarity, they showed that these crops are little diverse when obtaining values of $H' = 1.89$ and 1.91 , and that both localities share 70.5% of species.

KEYWORDS

- **ARTRÓPODOS**
- **LUMBRICIDAE**
- **BIODIVERSIDAD**
- **JULIDA**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Según (Pashanasi, 2001), la macrofauna del suelo está compuesta por aquellos organismos invertebrados con una longitud mayor a los 2 mm como lombrices, escarabajos, termitas, arácnidos, miriápodos etc. Estos seres vivos cumplen el rol de mantener las funciones de los ecosistemas agrarios, estando íntimamente relacionados con la descomposición de la materia orgánica, aireación del suelo, ciclo y movilización de nutrientes.

Ecuador al ser un país que se caracteriza por poseer condiciones climáticas que favorecen la agricultura durante la mayor parte del año, especialmente de los cultivos tropicales, entre ellos el cacao, que gracias a su creciente demanda en el mercado nacional e internacional genera un importante ingreso económico para las familias de los agricultores en la zona del litoral, motivo por el cual en ocasiones ante la necesidad de obtener una mejor y mayor cosecha sumado a esto la falta de capacitación técnica sobre el manejo adecuado del cultivo los productores realizan prácticas agrarias erróneas como el uso excesivo de agroquímicos o fertilizantes edáficos, implantación de monocultivos, falta de coberturas vegetales, eliminación de especies forestales o labores que conllevan a la compactación del suelo (García , 2007).

La sumatoria de todos estos factores genera una alteración en las propiedades físico-químicas y microclima del suelo en el cultivo de cacao desfavoreciendo el desarrollo de los macroinvertebrados. La característica de estos organismos es que son sensibles a las actividades realizadas por el hombre, y sus consecuencias se logran apreciar en escalas de tiempo que varían entre meses o años (Daza, 2017).

Las variaciones de la biodiversidad, biomasa y densidad de la macrofauna del suelo producen una inestabilidad del ecosistema edáfico, según estudios realizados sobre este tema han demostrado que la eliminación de una determinada especie favorece la multiplicación y dominancia de otras especies siendo por lo general aquellas que actúan como plaga en el cultivo (Daza, 2017).

Los macroinvertebrados también rompen, movilizan y combinan el suelo al formar galerías, nidos y compartimientos para su alimentación, en caso de no producirse estas acciones la redistribución de materiales se ve afectada, a su vez existe escasez de comunidades microbianas reduciendo la tasa de descomposición de la materia orgánica especialmente de la hojarasca producida por el árbol de cacao y demás plantas asociadas impidiendo el reciclaje de los minerales, de igual manera existen grupos de macroinvertebrados como los colémbolos, lombrices y termitas que ayudan en la fragmentación de la materia orgánica (Huauya & Huamaní, 2014).

Mediante la realización de este trabajo de investigación se pretende conocer las condiciones de los suelos en el cultivo de cacao en de las zonas de Santo domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas, por lo mencionado anteriormente el estudio de la macrofauna se considera una herramienta útil al momento de evaluar la calidad del componente edáfico y así determinar si el manejo llevado en las plantaciones es el adecuado (Huauya & Huamaní, 2014).

Objetivo General

- Evaluar la macrofauna del suelo en el cultivo de cacao en las zonas de Santo Domingo y Esmeraldas.

Objetivos específicos

- Realizar la clasificación de los componentes biológicos (macroinvertebrados) de acuerdo a sus unidades taxonómicas.
- Determinar las biomásas de la macrofauna del suelo obtenidas de los muestreos realizados en plantaciones de cacao en ambas localidades.
- Estimar los índices de biodiversidad de acuerdo al número de macroinvertebrados presentes en los sistemas de producción de cacao.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

Antecedentes

En investigaciones previas realizadas por (Trávez, 2020) se ha llegado a concluir que los bosques nativos cuentan con la mayor diversidad edáfica a diferencia de los bosques plantados, pastizales y cultivos esto se logró evidenciar en un muestreo realizado en la zona de Pedro Moncayo, de los 21 órdenes registrados en esta zona 18 se encuentran en bosques nativos y 11 en cultivos, razón por la cual recalcan que el cambio del uso de la tierra provoca la pérdida de organismos, problemática que tuvo mayor trascendencia a partir del año 1960 con la denominada revolución verde en la que se hizo más notorio el uso de agroquímicos, fertilizantes, deforestación, labranza mecanizada e implantación de monocultivos con la finalidad de suplir la demanda de alimentos o materias primas.

Los sistemas de producción cacaoteros no se excluyen de estos inconvenientes, ya que es uno de los principales rubros económicos para las más de las 100.000 familias que se dedican a esta labor en el litoral ecuatoriano de los cuales el 70% son pequeños productores los mismos que en su mayoría carecen de conocimientos técnicos sobre el manejo de las plantaciones agravando la problemática de degradación de los suelos (ANECACAO, 2019).

(Daza, 2017), mediante la evaluación de macrofauna realizado en cultivos de cacao en la zona de Bolaina, encontró hasta 1535 macroinvertebrados, el tipo de artrópodo que dominan estos agroecosistemas son la Oligochaetas con valores de 422 individuos representando el 27,49% del total de la muestra, seguidamente encontró diplodas con 236 individuos e isópteros con 224, en menor cantidad estuvieron los

Pseudoescorpionida y Orthoptera. También manifiesta que la mayor cantidad de individuos se registró en profundidades de 0 a 10 cm y 10 a 20 a diferencia de la profundidad de 20 a 30 cm en donde la presencia de artrópodos fue mínima. Se pudo evidenciar que la diversidad de macroinvertebrados según el índice de Shannon fue baja con valor de 1,096.

(Tuesta, 2015), Señala que al comparar 4 usos de suelo, bosque secundario, cultivo de cocona, cultivo de cacao y cultivo de maíz la mayor densidad de individuos por m² fue de 899 pertenecientes al cultivo de cacao seguido por el cultivo de maíz con 895 y bosque secundario con 881 y en menor proporción el cultivo de cocona con 700 dando a notar que no existe diferencia significativa entre estos sistemas de uso de tierra, esto se pudo evidenciar al momento de contar los grupos taxonómicos en donde el cultivo de maíz y cacao presentaron 13 órdenes y el bosque secundario 14, los órdenes que más dominaron fueron los Oligochaetas e isópteros, al comparar los índices de biodiversidad de Shannon – Weaver se evidenció que el bosque secundario contaba con mayor diversidad y el menor valor fue para el cultivo de cacao ($H = 1,36$).

De igual manera (Huauya & Huamaní, 2014) que estudiaron la relación entre la macrofauna del suelo y la presencia de metales pesados en cultivos de cacao lograron encontrar una densidad máxima de 1371 individuos por m² dominado los Hymenoptera (41,8%), Isóptera (9,1%) y Oligochaetas (21,8%).

Ecosistemas de los cacaotales

Según (Valarezo, Cañarte, & Navarrete, 2012) en estudios realizados en la zona de Manabí los cultivos de cacao presenta una amplia diversidad de flora y fauna por lo que debería considerarse como un sistema agrícola de mínimo impacto ambiental, la gran cantidad de hojarasca que desprenden sirven de alimento o refugio para una amplia variedad de invertebrados como lombrices, cucarachas, termitas y colémbolos,

el principal polinizador de este cultivo la avispa *Forcipomyia ssp* se desarrolla entre la hojarasca y las cáscaras de cacao en la fase de huevo, larva y pupa. Algunos de los insectos encontrados en las plantaciones de cacao pueden hacer de plagas como es el caso de los pulgones, chinches y termitas estas últimas pueden hacer galerías al interior del árbol ya sea en tronco o ramas convirtiéndolo en su nido.

Estos Isópteros pueden encontrarse en el suelo para lo cual necesitan de condiciones óptimas de humedad y temperatura, así como de residuos de madera las cuales le sirven de alimento. (Valarezo, Cañarte, & Navarrete, 2012).

De igual manera (Villegas , 2008) sugiere que los cultivos de cacao deberían asociarse con especies forestales con el propósito de aportar mayor biomasa que beneficien a los organismos encargados de las funciones ecológicas, si comparamos entre un sistema agroforestal (SAF) y un monocultivo el primero producirá de 7 a 10 t/ha y el segundo de 4 a 5 t/ha de biomasa.

Generalidades de los invertebrados

Según (McGavin, 2000) los invertebrados son los seres vivos más numerosos en el planeta tierra, a lo largo de miles de años han tenido la capacidad de adaptarse a numerosos ambientes dominando el aire, suelo y el mundo subacuático, se sabe que estos organismos se originaron y evolucionaron en los océanos primigenios hace 3500 millones de años, con el apareamiento de las plantas se formaron nichos ecológicos que permitieron que los artrópodos comiencen con la colonización de la superficie terrestre esto hace 420 millones de años, pese a los diferentes cataclismos sufridos a lo largo de la historia de nuestro planeta estos organismos han logrado sobrevivir hasta nuestros días.

Características de los artrópodos del suelo.

De los 5 reinos de seres vivos descritos por los biólogos los artrópodos son el grupo de organismos vivientes que dominan el reino animal, caracterizados por su múltiple diversidad y tamaño, sus cuerpos están cubiertos por un exoesqueleto duro, segmentado y con patas articuladas (Housel, 2012).

Insecto y arácnidos

De este grupo los insectos se identifican por poseer tres segmentos. La cabeza en donde se encuentran sus aparatos bucales y sensoriales, seguido del tórax el cual contiene tres pares de patas y por lo general las alas (en ocasiones no poseen alas), finalmente el abdomen donde encontramos su aparato digestivo, reproductivo y sus espiráculos los cuales les facilitan el intercambio gaseoso, en los cultivos ayudan en la polinización y el 50% descomponen MO y el restante son depredadores. También están los arácnidos los cuales difieren de los insectos porque su cuerpo se fracciona en dos partes un cefalotórax y abdomen además de esto poseen cuatro pares de patas por lo general aquí encontraremos arañas, escorpiones y ácaros (Ribera , Melic , & Torralba, 2015).

Miriápodos y crustáceos

Otros grupos de artrópodos que podemos encontrar son los miriápodos y crustáceos, los primeros tienen un cuerpo alargado, pero su particularidad más notoria es el excesivo número de patas que se distribuyen a lo largo de su anatomía, también tienen antenas, mandíbulas y una cutícula no muy impermeable, a diferencia de los insectos estos no pueden cerrar sus espiráculos, prefieren microclimas húmedos como el suelo y hojarasca, por lo general son de hábitos nocturnos las especies que representan a este grupo son los milpiés y ciempiés (Cupul , Valencia , Villegas, & Shelley, 2014).

En cuanto a los crustáceos más comunes que podríamos encontrar en los suelos de los cultivos destaca la cochinilla de la humedad, estos individuos se reconocen por su cuerpo ovalado, longitudes que van desde 1 a 10 mm, poseen 7 pares de patas, su cuerpo se fragmenta en tres partes el cefalopereión donde se localizan la cabeza y la primera parte del tórax, luego tenemos el pereión con las 14 patas y finalmente el pleón o vientre que contiene las branquias y la parte terminal del cuerpo, se alimentan de restos de vegetales y consumen metales pesados como el cadmio, cobre, zinc y plomo (Lannacone, Alayo , Abanto, Sánchez, & Zapata, 2001).

Oligochaeta

Dentro de este grupo están las lombrices de tierra pertenecientes al orden Clitellata por lo general representan el mayor porcentaje de biomasa de un ecosistema terrestre, en conjunto pueden procesar hasta 250 toneladas de suelo al año y por ha y están estrechamente relacionadas con la degradación de materia orgánica, formación de galerías que permiten la aireación y la movilización de suelo de las partes profundas hasta la superficie (Gómez , Aira , & Domínguez, 2009).

Se ha demostrado que los plaguicidas pueden tener variados efectos sobre estos anélidos, entre los más perjudiciales están los carbamatos, organoclorados y organofosforados los cuales pueden reducir la presencia de lombrices en los cultivos limitando el desarrollo de los cultivos (Gómez , Aira , & Domínguez, 2009).

Macrofauna del suelo.

En los cultivos podemos encontrar tres niveles de biotas, la microfauna, mesofauna y macrofauna, los dos primeros no son visibles a simple vista por lo que se hace necesario el uso de lupas o microscopios en cuanto la última se puede observar fácilmente gracias a que su longitud está en un rango superior a los 2mm, pero aun así se requiere el uso de estereoscopio para estudiar más a fondo su morfología, de

acuerdo a investigaciones realizadas a nivel local o internacional todas concuerdan en que la macrofauna es una variable útil al momento de evaluar la composición y sanidad del suelo en los diferentes sistemas de producción (Daza, 2017).

Durante mucho tiempo se consideró a las abejas como los artrópodos más importantes en la agricultura, pero se ha demostrado que cada grupo de macroinvertebrados descritos anteriormente cumple con funciones específicas en los sistemas de producción algunos son descomponedores de materia orgánica otros son aireadores, parásitos o depredadores y estos actúan de manera directa en los procesos de polinización, humificación y mineralización modificando la estructura del suelo con la formación de poros y agregados, todo este conjunto de acciones genera un equilibrio en las plantaciones cacaoteras ya sea manteniendo los niveles de plagas por debajo del umbral de daño y en el ciclo de los nutrientes para que estos sean asimilados por las plantas de manera natural (Romero, 2017).

Al momento que estos suelos pierden la capacidad de mantener los servicios a un ecosistema tanto de Humanos como animales se habla de una degradación teniendo como consecuencia la pérdida de fertilidad (Romero, 2017).

Algunos estudios recientes han dado a notar la existencia de especies redundantes las cuales cumplen con la misma función ecológica en un sistema agrario y si una de estas especies desaparece el cambio no sería muy notorio algo similar a que en una empresa faltara un obrero de todas maneras la empresa sugería con sus labores normales, pero si un conjunto de especies desaparece el cambio en el ecosistema sería más notorio (Jiménez, 2016).

Clasificación de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica

Esta clasificación se basa en el comportamiento alimenticio de la macrofauna del suelo, esto se realiza con la finalidad de separar la amplia complejidad de seres vivos, los grupos funcionales que más se toman en cuenta al momento de realizar un muestreo de la macrofauna del suelo son los herbívoros, depredadores, detritívoros e ingenieros del suelo, aunque también existe otros grupos funcionales que no son muy utilizados como los omnívoros, fitófagos y parasitoides (Tuesta, 2015)

Herbívoros

En este grupo encontramos a los artrópodos que se alimentan específicamente de tejidos vegetales, también son llamados fitófagos y pueden consumir las partes aéreas y subterráneas de las plantas a su vez este grupo se podría subdividir en dos subgrupos, los herbívoros con aparato bucal masticador y otro con aparato bucal chupador (Daza, 2017).

Entre los órdenes más comunes que podemos encontrar en este grupo están los Orthoptera, Coleóptera y Hymenoptera, el número de estos insectos puede variar dependiendo del ambiente y estación del año (Daza, 2017).

Depredadores

En este grupo encontramos aquellos insectos que se alimentan de otros organismos para poder vivir, pueden consumir huevos, larvas o insectos adultos por lo general su alimentación nos es muy excesiva a diferencia de los fitófagos, ya que su dieta es rica en proteínas, en la agricultura moderna se hace uso de este tipo de insectos para el control biológico de plagas en los cultivos (Daza, 2017).

Detritívoros

Por lo general este grupo de macroinvertebrados viven en la hojarasca y en la parte interna del suelo, también se los conocen como descomponedores, son aquellos que intervienen en el metabolismo de la materia orgánica jugando un rol importante en el ciclo de los nutrientes especialmente del Carbono, Nitrógeno y Fósforo, en este grupo sobresalen las lombrices de tierra, colémbolos, cochinilla de la humedad y los milpiés.

Por lo general al momento de alimentarse no distinguen el tipo de material que consumen estos pueden ser restos vegetales o animales por tal razón algunos investigadores han llegado a considerarlos como omnívoros (Veloz, 2016).

Ingenieros del suelo

Al formar canales, poros, galerías y agregados durante sus procesos biológicos se sabe que están estrechamente relacionados con los cambios físicos que sufre el terreno de un determinado ecosistema por lo que podemos encontrarlos especialmente en la parte interna del suelo, las estructuras que forman ayudan en la oxigenación, infiltración de agua y transporte de materia orgánica, aquí sobresalen nuevamente las lombrices de tierra razón por la cual se consideran una parte fundamental en los sistemas de producción (Veloz, 2016).

Biodiversidad biológica

Se define la diversidad biológica como la presencia de diferentes especies dentro de un ecosistema volviéndolo muy variado, la diversidad estará en función al ambiente, tipo de especies y acción del hombre (Daza, 2017).

Diversidad genética

Es el concepto más básico de la biodiversidad se basa en la capacidad de heredar características genéticas entre organismos de una misma especie volviéndolos más resistentes a los cambios bruscos del medio ambiente en el cual se desenvuelven (Daza, 2017).

Riqueza específica

Es la cantidad de especies que se encuentran en una determinada área sin tomar en cuenta su importancia (Daza, 2017).

Índice de Shannon – weaver

Por lo general es el índice que más se emplea al momento de medir la biodiversidad específica sus datos expresan la heterogeneidad de un sistema de producción o ecosistema basándonos en el número de especies encontradas y su abundancia relativa. Sus valores están en rango de 0 a 3, si supera la escala de 3 se entiende que los niveles de diversidad son altos, entre 2 y 3 existe un equilibrio biológico y menor a 2 demuestra que el ambiente es poco diverso (Daza, 2017)

Su fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$H' = - \sum (p_i \times \frac{\log p_i}{\log 2})$$

Donde

H' = Índice de Shannon

n_i = Número de individuos

$p_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ (abundancia relativa)

Índice de Jaccard

Tiene como finalidad comparar la cantidad de especies distribuidas en dos localidades para medir la desigualdad en la presencia o ausencia de especies, los valores aceptados para este índice comienzan en cero cuando no existe especies compartidas hasta 100% en caso de llegar a este valor significa que las diferentes zonas comparten especies similares. Se lo representa con la siguiente fórmula.

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

Donde:

a: número de especies presentes en el sitio A

b: número de especies presentes en el sitio B

c: número de especies presentes en ambos sitios (A y B) (Cando, 2014).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Áreas de estudio

Las áreas de muestreo se localizaron en las provincias de Santo domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas, en cada provincia se escogieron tres fincas con cacao en producción de la variedad CCN-51, la altitud de las zonas está en un rango de 135 a 590 msnm.

Tabla 1.

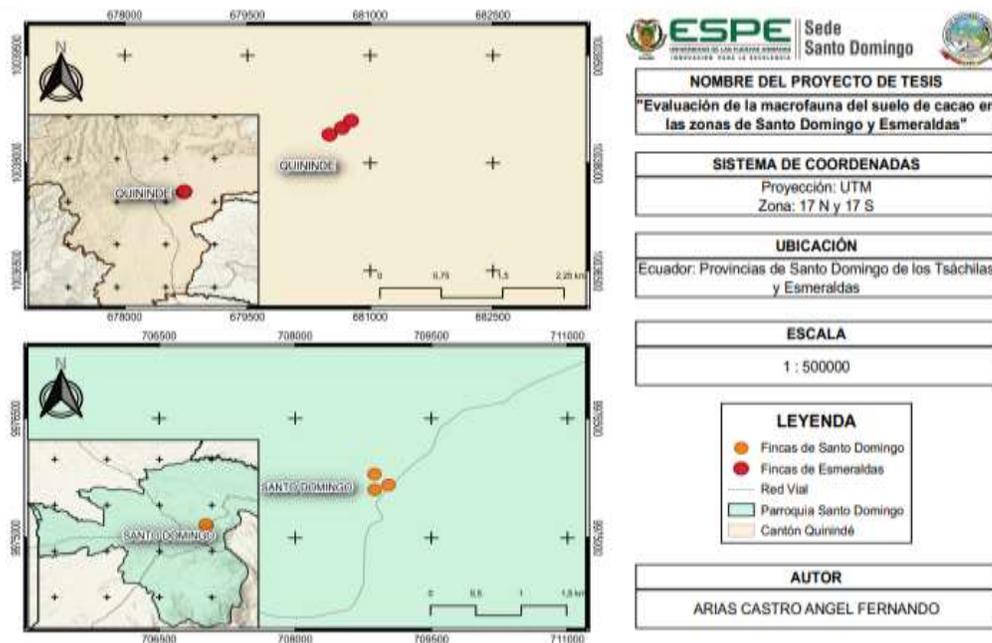
Coordenadas UTM de las fincas muestreadas en ambas localidades

Coordenadas UTM			
	Fincas	E	N
Santo Domingo	1	708877	9975604
	2	709030	9975664
	3	708874	9975800
Esmeraldas	1	680503	38396
	2	680656	38490
	3	680766	38589

Ubicación geográfica

Figura 1.

Zonas de investigación



Materiales de escritorio

- Libreta
- Lapiceros
- Etiquetas

Materiales de campo

- Cuadrante de 25 x 25
- Formol al 4%
- Alcohol al 70%
- Cajas Petri
- Flexómetro

Herramientas

- Pala recta
- Bandeja rectangular

Equipos

- Teléfono móvil con cámara
- GPS
- Laptop
- Estereoscopio
- Equipo de disección
- Balanza analítica

Metodología**Tipo de investigación**

Se utilizó una investigación descriptiva utilizando el método comparativo debido a que se evaluó la población de la macrofauna en las dos localidades haciendo huso del análisis científico por la clasificación taxonómica realizada posteriormente, al tener contacto directo con los individuos estudiados se plantea una observación directa y por la recopilación de información de fuentes bibliográficas hace uso de la observación indirecta.

Diseño de la investigación

Por la naturaleza de la investigación se procedió a emplear un análisis no paramétrico de Kruskal wallis con la finalidad de comparar diferencias entre la biomasa y densidad de acuerdo al nivel del suelo, esto se lo realizo con ayuda de las herramientas estadística Infostat y Exel.

Variables evaluadas

Clasificación taxonómica de la macrofauna

Las muestras fueron recolectadas en cajas Petri con alcohol al 70% y llevadas a los laboratorios de Ciencias de la vida ubicados en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE para realizar su clasificación taxonómica de acuerdo a su clase y grupo con ayuda del estereoscopio.

Biomasa

Para esto se pesó las muestras recolectadas y se procedió a determinar los g/m² de acuerdo a sus localidades, se utilizó la fórmula:

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

Donde

W= peso de los individuos (g)

A= Área (m²)

Densidad poblacional

La densidad se mide en individuos/m², se utilizó la fórmula:

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

Donde

N= Número de individuos

A= Área (m²)

Índices de diversidad

Índice de Shannon – Weaver

Para determinar el principio de equidad

$$H' = - \sum (p_i \times \frac{\log p_i}{\log 2})$$

Donde

H' = Índice de Shannon

n_i = Número de individuos

$p_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ (abundancia relativa)

Índice de Jaccard

Para conocer la similitud entre especies

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

Donde:

a : número de especies presentes en el sitio A

b : número de especies presentes en el sitio B

c : número de especies presentes en ambos sitios (A y B)

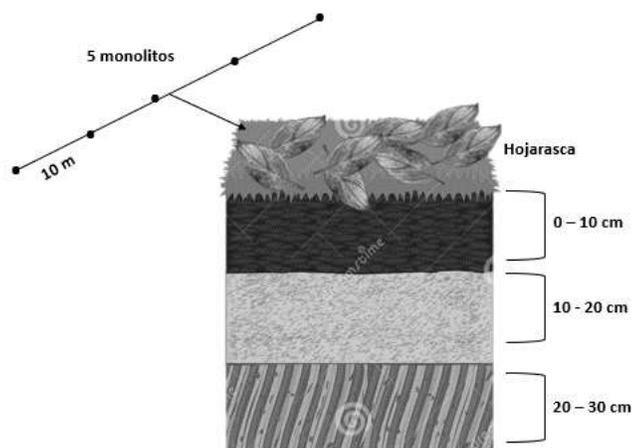
Manejo de la investigación

Se escogieron tres fincas productoras de cacao CCN-51 en las localidades de Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas, se tomaron las coordenadas UTM empleando el GPS, luego se hizo un recorrido por las fincas para conocer el terreno y posteriormente se realizó el muestreo.

La metodología que se usó es la recomendada por la Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) en la cual se emplearon 5 monolitos por finca muestreando la hojarasca, profundidad de 0 – 10 cm, 10 – 20 cm y de 20 – 30 cm, se utilizó un cuadrante de 25 cm x 25 cm, los individuos recolectados se colocaron en cajas Petri o recipientes con alcohol al 70% y posteriormente llevados al laboratorio.

Figura 2.

Diseño de los monolitos muestreados.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

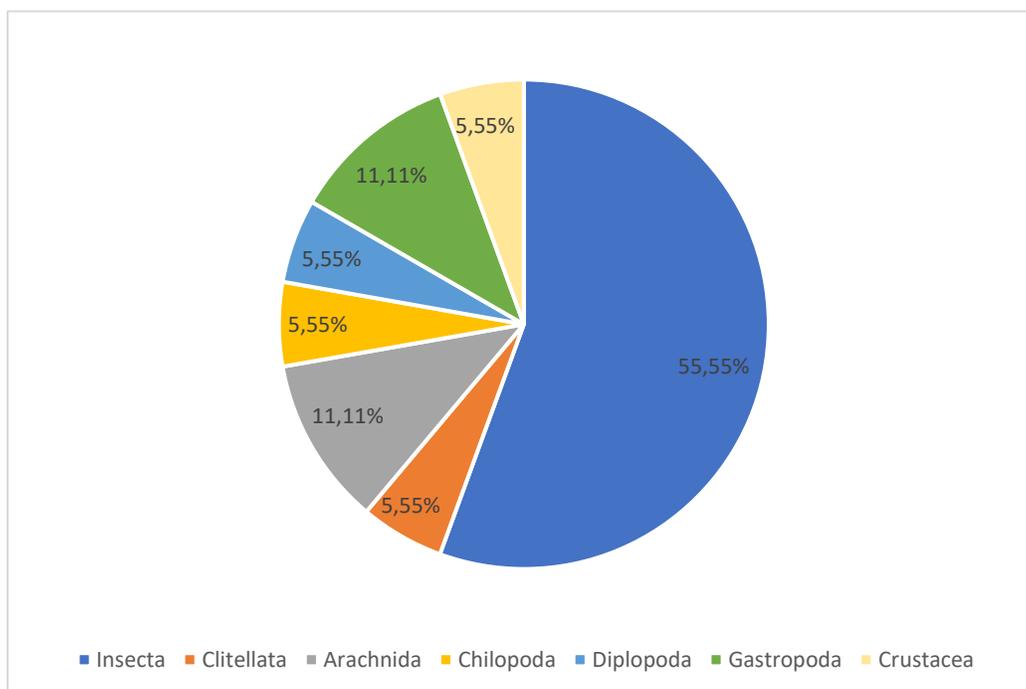
Clasificación taxonómica

Tabla 2.

Clasificación taxonómica y número de individuos de cada localidad.

Clase	Orden	Familia	# de individuos	
			Santo Domingo	Esmeraldas
Insecta	Orthoptera	Gryllidae	12	0
		Gryllotalpidae	1	0
	himenóptero	Formicidae	14	29
	Isopteros	Termitidae	0	14
	Diptera	Muscidae	1	1
	Lepidoptero	Noctuidae	1	1
	Hemiptero	Cerpopidae	6	0
	Coleopteros	Elateridae	2	4
		Melolonthidae	4	8
	Blatodea	Blattidae	7	5
	Dermaptera	Carcinophoridae	1	3
thysanoptera	Thripidae	1	0	
Clitellata	Crassiclitellata	Lumbricidae	90	72
Arachnida	Opiliones	Cosmetidae	6	0
	Areanea	Agelenidae	1	1
		Salticidae	2	4
Chilopoda	Geophilomorpha	geophilidae	2	2
Diplopoda	Julida	Julide	19	10
Gastropoda	Ellobiida	Ellobiidae	3	3
	Pulmonata	Veronicellidae	2	1
Crustacea	Isopoda	Oniscidea	1	4
Total			176	162

Según nos muestra la tabla 1 la localidad con mayor número de individuos presentes en los cultivos de cacao fue Santo Domingo con 176 macroinvertebrados a diferencia de Esmeraldas donde se recolectaron 162 artrópodos.

Figura 3.*Clases de macroinvertebrados.*

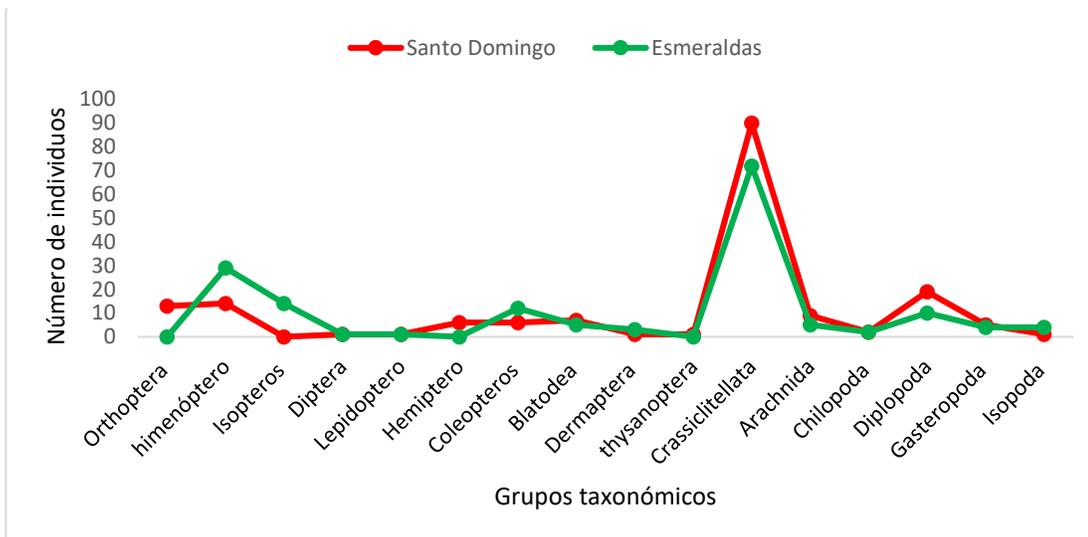
(Romero, 2017) menciona que la clase insecta se caracteriza por presentar mayores órdenes y familias al momento de estudiar la macrofauna del suelo en plantaciones de cacao, esto se pudo evidenciar en ambas localidades de estudio donde se identificaron un total de 7 Clases, 18 órdenes y 21 familias de las cuales la clase insecta se caracterizó por tener el mayor número de órdenes con un total de 10 lo que representa el 55,55%, de la clase insecta destacan los órdenes Orthoptera, Himenóptero, Blatodea y Coleópteros en Santo Domingo, la mayoría encontrados en la hojarasca la cual sirve de alimento y refugio para estos organismos, toca destacar que en la provincia de Esmeraldas no se encontraron insectos pertenecientes a los órdenes Orthoptera, Hemiptera y Thysanoptera.

(Huauya & Huamaní, 2014) manifiesta que el grupo isóptero puede representar el 9,1% del total de individuos recolectados al momento de muestrear un cultivo de cacao valores que no se alcanzaron en la localidad de Santo Domingo porque aquí no se encontró ningún representante de este orden, esto pudo suceder porque este tipo de insectos por lo general forman sus colonias en los árboles de cacao evitando su movilidad por el terreno en caso de encontrarse en el suelo necesitan condiciones óptimas de humedad y temperatura según lo menciona (Valarezo, Cañarte, & Navarrete, 2012).

En Esmeraldas este orden tuvo un 8,64% del total de artrópodos recolectados, se hallaron en la profundidad de 0 a 10 cm en un monolito de la finca 2.

Figura 4.

Número de individuos de acuerdo al grupo taxonómico.



Según lo mencionado por (Daza, 2017) el orden Crassiditellata conformado por las lombrices de tierra se caracteriza por presentar el mayor número de individuos en los sistemas de producción cacaoteros dato que se pudo corroborar en la presente investigación, se puede observar en la figura 2 que el orden Crassiditellata, tuvo el valor más alto con un total de 90 y 72 individuos respectivamente dando un porcentaje del 51,14% del total de macroinvertebrados recolectados en la zona de Santo Domingo y 44,4% en la zona de Esmeraldas.

El segundo grupo con mayor número de individuos en la localidad de Santo Domingo fue Julida con 19 seguido de Himenóptero y Orthoptera con 14 y 13 organismos respectivamente, en Esmeraldas el segundo lugar lo ocupa el grupo de Himenóptero con 29 individuos seguidos de Isópteros y Coleópteros con 14 y 12 macroinvertebrados.

Densidad poblacional

Figure 5

Densidad poblacional en Santo Domingo.

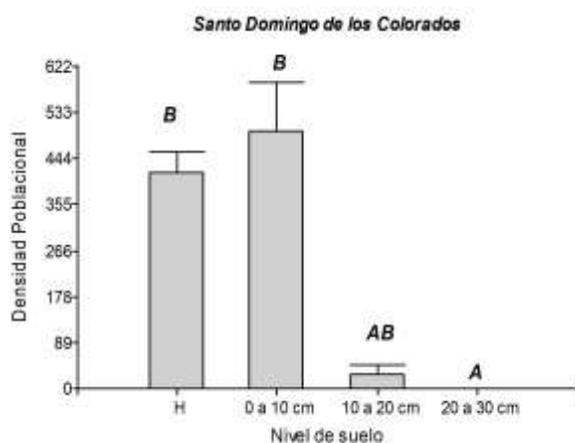
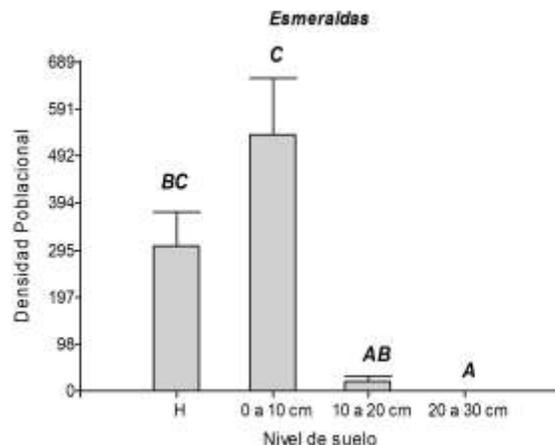


Figure 6.

Densidad poblacional en Esmeraldas.



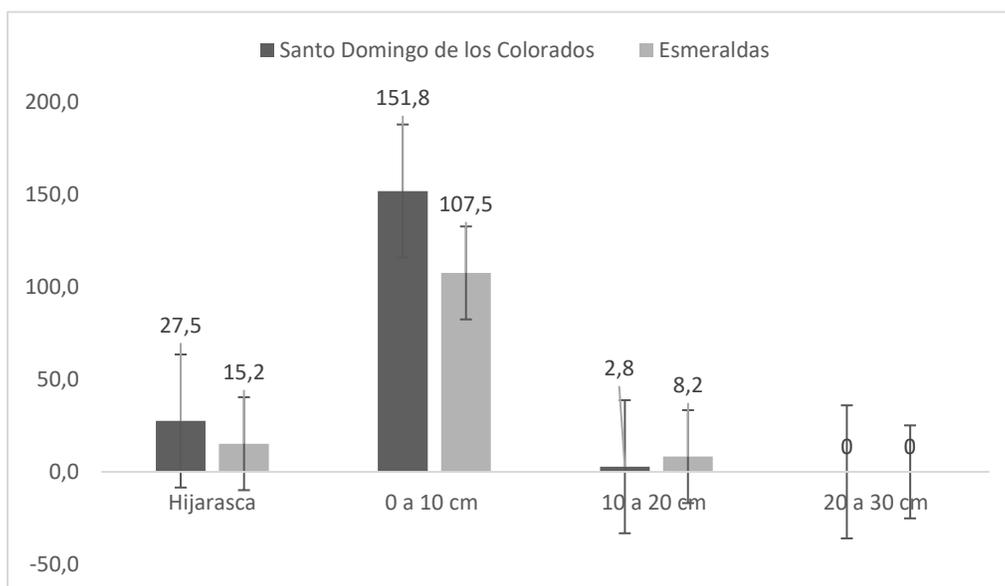
En la figura 5 y 6 se compara las medias en cuanto a biomasa por estrato en ambas localidades, en la primera localidad se puede apreciar que entre hojarasca y la profundidad de 0 a 10 cm no poseen diferencias significativas, sus valores son muy cercanos (496 y 416 ind/m²) donde si se aprecia diferencia es entre los dos primeros niveles con los dos últimos niveles.

En la localidad de Esmeraldas entre la hojarasca y 0 a 10 cm si se aprecia una diferencia significativa porque esta última obtuvo una media de 539 ind/m² en comparación con los 304 ind/m² de hojarasca, al igual que en la primera localidad las profundidades de 10 a 20 cm y 20 a 30 cm obtuvieron los valores más bajos de densidad. Esto nos da a notar de manera general que la mayoría de artrópodos en los cultivos de cacao se encuentran a profundidades de 0 a 10 cm, tomando en cuenta en este caso la dominancia del orden Crassiditellata según como lo menciona (Tuesta, 2015).

Biomasa

Figure 7.

Biomasa por nivel de suelo.



En la figura 3 se observa los niveles de biomasa por cada estrato muestreado en ambas localidades, donde al igual que en la densidad aquí sobresale la profundidad de 0 a 10 cm porque presentan los valores más altos en comparación con las demás estratos, teniendo una media de 151,8 g/m² para los cultivos muestreados en Santo Domingo y 107,5 g/m² para Esmeraldas respectivamente, en esto influye de igual manera la presencia de la familia Lumbricidae que por lo general representa el mayor porcentaje de biomasa en un ecosistema terrestre según lo señala (Gómez , Aira , & Domínguez, 2009).

Índice de Shannon – Weaver

Tabla 3.

Índice de Shannon - Weaver en ambas localidades.

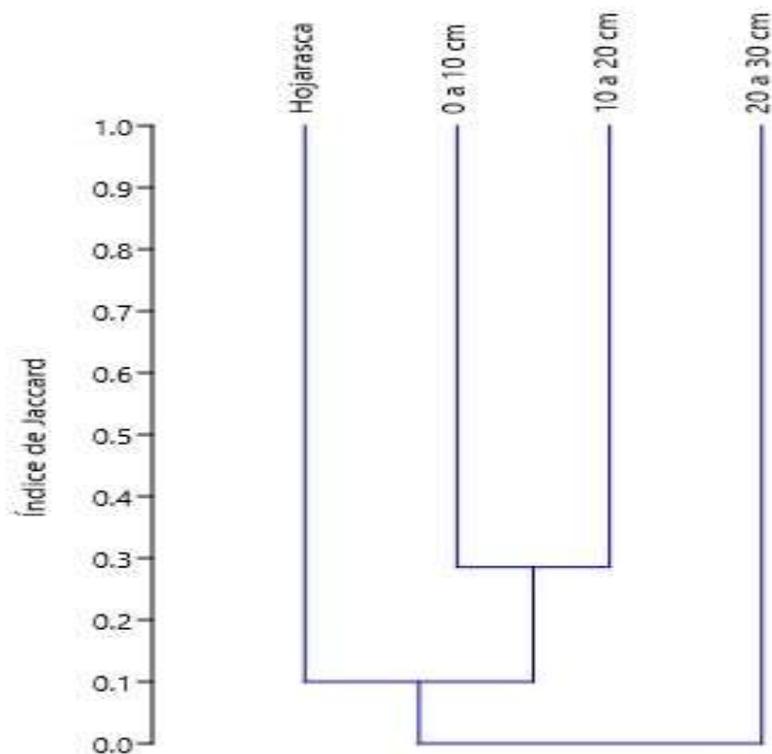
Shannon – weaver	
Santo Domingo	1,89
Esmeraldas	1,91

Según nos demuestra la tabla 2 el índice de Shannon – weaver tuvo valores de $H' = 1,89$ en los sistemas de producción cacaoteros de Santo Domingo Y $H' = 1,91$ en Esmeraldas por lo tanto estos cultivos tienen poca biodiversidad, ya que no se encuentran en un rango de 2 a 3 para decir que es media o superior a 3 para sostener que es muy diverso, esto se justifica con lo señalado por (Daza, 2017) donde esta característica se repite con investigaciones previas obteniendo un índice de Shannon de $H' = 1,36$.

Índice de Jaccard

Figura 8.

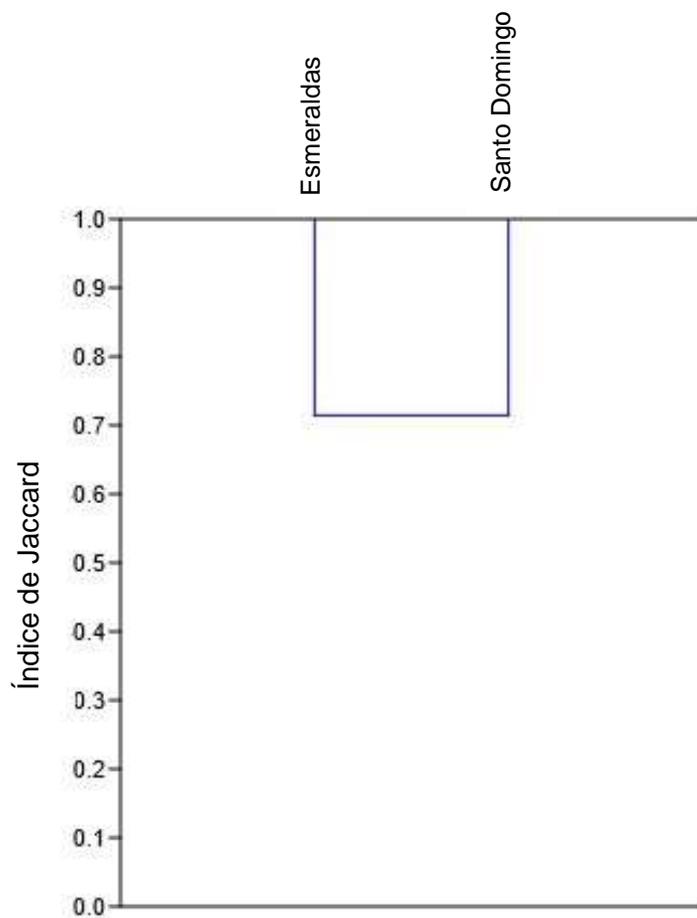
Índice de Jaccard por niveles de suelo.



Tal y como se aprecia en la figura 5 al realizar la comparación de especies entre los diferentes estratos con ayuda del índice de similitud de Jaccard cualitativo este demostró que las comunidades comparten el 30% ($J=0,30$) de especies entre 0 a 10 cm y 10 a 20 cm, la hojarasca con los primeros 20 cm sufren una reducción de similitud del 20%, mientras que los 30 cm de suelo tienen un valor de similitud de 0%.

Figura 9.

Índice de Jaccard de ambas localidades.



Al comparar el índice de similitud Jaccard cualitativo para ambas localidades podemos apreciar que las comunidades de macroinvertebrados comparten un 70,5% de especies.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

La clasificación taxonómica de los artrópodos obtenidos al muestrear suelos pertenecientes a cultivos de cacao en las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas y Esmeraldas permitieron identificar 7 clases, 18 órdenes y 21 familias.

Se comprobó que las fincas muestreadas en Santo domingo de los Tsáchilas presentaron un número elevado de macroinvertebrados (176 ind) a diferencia de Esmeraldas (162 ind) y que la clase insecta por lo general presenta la mayor cantidad de órdenes (55,5%) y familias en estos tipos de suelo.

El estrato de 0 a 10 cm se caracterizó por presentar el mayor número de invertebrados, esto se debe a la abundante presencia del orden Crassicitellata representando el 51,14% del total de individuos para Santo Domingo y 44,4% para Esmeraldas, mientras que de 10 a 30 cm las poblaciones de artrópodos sufren una reducción significativa llegando a valores de 0. De igual manera esta situación influyó en que la biomasa y la densidad poblacional sea mayor para estos estratos tal y como lo muestra la figura 5, 6 y 7.

Los cultivos de cacao demostraron ser poco diverso al obtener índices de Shannon – weaver de 1,89 en Santo Domingo y 1,91 en Esmeraldas. En cuanto a la similitud de especies entre ambas localidades tubo un valor de $J=0,705$ lo que quiere decir que comparten un 70,5% de las especies. Al realizar un índice de Jaccard entre estratos el valor más alto fue de 30% entre 0 a 10 cm con 10 a 20 cm, 10% entre hojarasca con los primeros 20cm y 0% entre los 30 cm de profundidad.

RECOMENDACIONES

Realizar futuras investigaciones en época de lluvia porque el presente trabajo de investigación se lo realizó en época seca, esto para determinar cómo influyen las condiciones climatológicas en la presencia de macroinvertebrados en los suelos del cultivo.

Comparar diferentes tipos de uso de suelo (bosques nativos, sistemas agroforestales, monocultivos y pastizales) en la región costanera del país, ya que existe poca información bibliográfica referente a estas zonas.

Utilizar prácticas agrícolas que nos permitan conservar o elevar el número de macroinvertebrados en las plantaciones de cacao con la finalidad de obtener un ambiente agroecológico más sano con estas especies.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- ANECACAO. (2019). *Sector exportador de cacao* . Obtenido de www.anecacao.com:
<http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019.pdf>
- Cando, C. (Enero de 2014). *Evaluación biológica de micromamíferos voladores en la zona de influencia de la vía Borja - Sumaco, Canton Quijos*. Obtenido de Universidad Internacional del Ecuador :
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/299/1/T-UIDE-0278.pdf>
- Cupul , F., Valencia , M., Villegas, J., & Shelley, R. (Diciembre de 2014). *Notas sobre miriápodos (Arthropoda:Myriapoda) de Jalisco, México: Distribucion y nuevos registros*. Obtenido de Universidad de Guadalajara:
<http://dugesiana.cucba.udg.mx/index.php/DUG/article/view/4139>
- Daza, F. (02 de Marzo de 2017). *Componente microbiológico (Macro invertebrados) en el sistema de usos del suelo (Theobroma cacao L) cacao y (Guazuma crinit L) Bolaina en el Fundo Rosales - Castillo Grande*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria De La Selva:
http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/1786/TS_FDR_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- García , M. (Diciembre de 2007). *Sostenibilidad ambiental para el "Mejoramiento de produccion y comercializacion de caca" en la provincia de Manabí*. Obtenido de Respositorio de la universidad San Francisco De Quito:
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/890/1/86746.pdf>

- Gómez , M., Aira , M., & Domínguez, J. (2009). El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. . *Asociación Española de Ecología Terrestre* , 13. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/37807965_El_papel_de_las_lombrices_de_tierra_en_la_descomposicion_de_la_materia_organica_y_el_ciclo_de_nutrientes/link/00b7d5229c9ee0a4cd000000/download
- Housel, D. (2012). *Los invertebrados increíbles*. Madrid: Time For Rios .
- Huauya, M., & Huamaní, H. (2014). Macrofauna edáfica y metales pesados en el cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. (Malvaceae). *The Biologist*, 11.
- Jiménez, J. (2016). *La macrofauna del suelo: Un recurso Natural Aprovechable pero poco conocido*. Obtenido de http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/tsbf/pdf/arado_natural_cap1.pdf
- Lannacone, J., Alayo , M., Abanto, M., Sánchez, J., & Zapata, E. (2001). *Pocellio laevis*, 1804 (Isopoda:Porcellionidae) como bioindicador para evaluación de plomo . *Revista Peruana De Entomología*, 9. Obtenido de Revista Peruana de Entomolo.
- McGavin, G. (2000). *Manual de identificación de Insectos, arañas y otros artrópodos terrestres*. Barcelona : Ediciones Omega.
- Pashanasi, B. (2001). *Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la amazonía Peruana*. Obtenido de Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana : <http://revistas.iiap.org.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/126>

- Ribera , I., Melic , A., & Torralba, A. (30 de junio de 2015). *Introduccion y guía visual de los artrópodos* . Obtenido de Revista Idea :
http://molevol.cmima.csic.es/ribera/pdfs/IDE@_2.pdf
- Romero, D. (06 de octubre de 2017). *Evaluacion de la macrofauna en el suelo de las chacras familiares en la comunidad Fakcha LLakta* . Obtenido de Repositorio de la Universidad Técnica del Norte :
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7137>
- Trávez, K. (2020). *Diversidad de los macroinvertebrados edáficos y su relacion con la calidad del suelo en un gradiente de intensidad de uso de la tierra en La Esperanza - Pedro Moncayo - Ecuador* . Quito: Universidad Central de Ecuador.
- Tuesta, M. (2015). *Evaluación de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el distrito de Nuevo Progreso*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria De La Selva:
https://minio2.123dok.com/dt02pdf/123dok_es/pdf/2020/09_20/1uu8pe1600552079.pdf?X-Amz-Content-Sha256=UNSIGNED-PAYLOAD&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=LB63ZNJ2Q66548XDC8M5%2F20210608%2F%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20210608T035732Z&X-Am
- Valarezo, O., Cañarte, E., & Navarrete, B. (2012). Artrópodos asociados al cultivo de cacao en Manabí. *La Técnica* , 10. Obtenido de
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6087699>
- Veloz, N. (2016). *Determinación de la macrofauna edáfica en distintos usos de suelos en tres agroecosistemas de la comunidad de Naubug*. Obtenido de Escuela

Superior Politécnica de Chimborazo:

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5419>

Villegas , R. (2008). *Descomposición de las hojas del cacao y seis especies arboreas, solas y en mezcla en Alto Beni, Bolivia* . Obtenido de Programa de educación para el desarrollo y la conservación:

<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1823E/A1823E.PDF>