



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
COMO BIOINDICADOR DEL IMPACTO DE DOS USOS
DE LA TIERRA EN EL CENTRO DE APOYO
MANGLARALTO.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Pozo Quiroz Jenyffer Alexandra

La Libertad, 2020



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA
COMO BIOINDICADOR DEL IMPACTO DE DOS USOS
DE LA TIERRA EN EL CENTRO DE APOYO
MANGLARALTO.**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Pozo Quiroz Jenyffer Alexandra

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

La Libertad, 2020

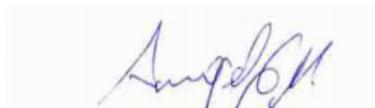
TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano, PhD
**DECANO (E) DE LA FACULTAD
CIENCIAS AGRARIAS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



Ing. Nadia Quevedo Pinos, PhD.
**DIRECTORA (E) DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Ángel León Mejía, M. Sc.
**PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



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



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgt.
SECRETARIO GENERAL (E)

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos van dirigidos principalmente a Dios, mis padres y mis amigos quienes son los tres pilares fundamentales de mi vida. Gracias a Dios quien me brindó fuerza, seguridad, salud y sobre todo me permitió rodearme de gente que contribuyó positivamente en mi vida tanto en el ámbito educativo profesional como personal.

A mis padres, quienes me brindaron siempre su apoyo incondicional, que me formaron con excelentes valores y principios. También agradezco el apoyo brindado por cada uno de mis amigos que más que amigos fueron hermanos que compartimos todo este trayecto de aprendizaje, siempre apoyándonos y cuidándonos unos a otros.

De igual forma estoy muy agradecida con la Universidad Estatal Península de Santa Elena, la Facultad de Ciencias Agrarias, por darme la oportunidad de formarme como profesional dentro de sus aulas, a los docentes y autoridades.

A mi tutor, Ing. Daniel Ponce de León Lima, PhD. quien supo motivarme, guiarme y ofrecerme consejos, recomendaciones y asesorías que permitieron poder concluir mi trabajo de titulación de forma positiva.

A mi segundo tutor, Grisel Cabrera Dávila, PhD. especialista en macrofauna de suelo, gracias a ella por compartir sus vastos conocimientos del tema, conducir la investigación profesionalmente y por invertir su valioso tiempo en tutelar cada fase del trabajo de investigación.

Pozo Quiroz Jenyffer Alexandra.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a los dos personajes más importantes de mi vida, mi madre Dolores Matilde Quiroz Sánchez y mi padre José Manuel Pozo, por los millones de motivos y razones que me permitieron iniciar y concluir esta nueva etapa en mi vida. El amor, la dedicación y el esfuerzo que siempre me han brindado, han sembrado en mí las ganas de seguir, perseverar, luchar y lograr alcanzar cada una de las metas que me proponga. Les estaré infinitamente agradecida y les dedico cada uno de mis logros actuales y futuros, ya que gracias a ustedes soy lo que soy ahora. Siempre orgullosa de llevar el apellido Pozo Quiroz.

Jenyffer Alexandra Pozo Quiroz.

RESUMEN

La presente investigación se realizó en el del Centro de apoyo Manglaralto de la parroquia del mismo nombre, en la provincia de Santa Elena, donde se evaluaron las comunidades de macroinvertebrados del suelo a inicios del período lluvioso. Se estudiaron dos sistemas de uso de la tierra: bosque seco tropical regenerado y cultivos de ciclo corto, con el propósito ofrecer información clave del efecto de la intensidad del uso de la tierra en la riqueza y abundancia de estas comunidades. Se recolectaron los macroinvertebrados mayores de 2 mm en 16 monolitos (25 x 25 x 25 cm) por cada uso de la tierra y posteriormente fueron identificados, clasificados y fotografiados para el registro final, se consideró lograr clasificaciones al nivel de orden o familia. Se analizó la riqueza, dominancia y diversidad, densidad total y de los grupos funcionales y se evaluaron indicadores biológicos. En los dos usos estudiados, se totalizaron dos *phylum*, seis clases, catorce órdenes, treinta familias, veinte géneros y diez especies. La riqueza de familias fue mayor en el bosque seco tropical regenerado (22 familias) que en el cultivo (19 familias), las familias Formicidae (Hormigas) y Termitidae (Termitas) fueron la más representativas en ambos sistemas. Se obtuvieron diferencias significativas mediante la prueba Kruskal-Wallis, entre la densidad de los grupos funcionales en el bosque ($H=13$, $p= 0,003$), pero no así en el cultivo ($H=2,69$, $p= 0,26$). Los grupos funcionales mejor representados en ambos sistemas fueron los detritívoros y omnívoros, y los más deprimidos los depredadores y herbívoros.

Palabras Claves: macrofauna edáfica, macroinvertebrados del suelo, uso de la tierra.

ABSTRACT

This research was carried out at the beginning of the rainy season at the Manglaralto Support Center of the parish of the same name, in the province of Santa Elena, where the macroinvertebrate communities of the soil were evaluated. Two land use systems were studied: regenerated tropical dry forest and short cycle crops, with the purpose of offering key information on the effect of the intensity of land use on the wealth and abundance of these communities. Macroinvertebrates larger than 2 mm were collected in 16 monoliths (25 x 25 x 25 cm) for each land use and were subsequently identified, classified and photographed for the final record, achieving classifications at the order or family level was considered. Richness, dominance and diversity, total density and functional groups were analyzed, and biological indicators were evaluated. In the two land uses studied, two phylum, six classes, fourteen orders, thirty families, twenty genera and ten species were accounted. Family richness was higher in regenerated tropical dry forest (22 families) than in cultivation (19 families), the families Formicidae (Ants) and Termitidae (Termites) were the most representative in both systems. Significant differences were obtained using the Kruskal-Wallis test, between the density of the functional groups in the forest ($H = 13$, $p = 0.003$), but not in the crop ($H = 2.69$, $p = 0.26$). The best represented functional groups in both systems were detritivores and omnivores, and the most depressed were predators and herbivores.

Keywords sedaphic macrofauna, soil macroinvertebrate, land use.

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



Jenyffer Alexandra Pozo Quiroz

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema Científico:	2
Objetivo General:.....	2
Objetivos Específicos:	2
Hipótesis:	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Suelo	1
1.2. Capacidad de uso de la tierra	1
1.3. Fauna edáfica	1
1.4. Macrofauna y sus grupos funcionales.....	2
1.5. Macrofauna como indicador biológico	6
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	9
2.1. Descripción del área y sistemas de estudio.....	9
2.2. Diseño experimental del estudio.....	10
2.2.1. Tipo de investigación	10
2.2.2. Muestreo aleatorio estratificado	10
2.3. Manejo del experimento	10
2.3.1. Primera Etapa	11
2.3.2. Segunda etapa.....	11
2.3.3. Tercera etapa	12
2.4. Análisis estadístico	13
2.4.1. Test Kruskal-Wallis	13
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
3.1. Composición, Riqueza, Dominancia y Diversidad de la macrofauna edáfica....	14
3.2. Densidad de la macrofauna total y de los grupos funcionales	19
3.3. Indicador biológico Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	26
<i>CONCLUSIONES</i>	26
<i>RECOMENDACIONES</i>	27
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición taxonómica y funcional de las comunidades de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. (-): No determinado, (x): Presencia del taxón.	14
Tabla 2. Densidad (Media, Mediana, DE: Desviación estándar; ind.m-2) y Resultado del estadístico Kruskal Wallis (H) con su nivel de significación (p), para los diferentes grupos funcionales y la macrofauna total entre los sistemas de uso de la tierra estudiados.....	20
Tabla A 1. Abundancia 16 monolitos. Sistema bosque (A)	
Tabla A 2. Abundancia 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)	
Tabla A 3. Densidad 16 monolitos. Sistema bosque (A)	
Tabla A 4. Densidad 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)	
Tabla A 5. Indicadores 16 monolitos. Sistema bosque (A)	
Tabla A 6. Indicadores 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)	

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación de los sitios de uso de la tierra estudiados en el Centro de Apoyo Manglaralto.....	9
Imagen A 1. Sistema 1. Cultivo de ciclo corto	
Imagen A 2. Sistema 2. Bosque seco tropical 1	
Imagen A 3. Selección y preparación del monolito a muestrear	
Imagen A 4. Selección y preparación del monolito a muestrear	
Imagen A 5. Extracción de la tierra del monolito al plástico tendido	
Imagen A 6. Extracción manual de la macrofauna de suelo 1	
Imagen A 7. . Extracción manual de la macrofauna de suelo	
Imagen A 8. . Extracción manual de la macrofauna de suelo	
Imagen A 9. Muestra de suelo tomada para determinar su humedad en laboratorio	
Imagen A 10. Macrofauna recolectada en frascos colectores	
Imagen A 11. Muestras etiquetadas y clasificadas en laboratorio	
Imagen A 12. Observación de cada una de las muestras en el estereoscopio	

INDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. A: Bosque seco tropical, B: Cultivo convencional. Haplotaxida Indt: Familia de lombriz indeterminada, Lepidoptera Indt: Familia de oruga indeterminada, Scarabaeidae Iv: Larvas de Scarabaeidae (Escarabajos).....17
- Figura 2.** Diagrama de cajas (Box Plot) de la Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. A: Bosque seco tropical, B: Cultivo convencional. El diagrama muestra medianas (líneas en el interior de las cajas), medias (puntos negros), percentiles 25 y 75 (bordes inferior y superior de las cajas) y valores extremos (límites de líneas verticales).....20
- Figura 3.** Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. Números encima de las barras representan el valor del índice, como resultado de la división de la abundancia entre los diferentes grupos funcionales que integran el mismo.....23

INTRODUCCIÓN

La calidad de los suelos se ve reflejada por aspectos positivos en su estructura, textura, pero también por el estado ecológico que este presenta. Al hablar del estado ecológico del suelo nos referimos a la presencia de diversos organismos y su interacción con el ecosistema. Se debe considerar que sufren cambios de acuerdo al medio en el que se desarrollan, el tiempo, factores climáticos, disponibilidad de alimento, entre otros (Huerta *et al.*, 2008).

Evaluar el estado y calidad de los suelos es de vital importancia, aunque es complicado establecer indicadores para ello. En la actualidad se trabaja con variables basadas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Si nos enfocamos en el factor biológico nos referimos al estudio de aquellos individuos que conforman la macrofauna, mesofauna y microfauna edáfica (Cabrera, 2012).

Partiremos y nos enfocaremos en el estudio de la macrofauna en donde se incluyen los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro, estos son partícipes de diferentes procesos y transformaciones de las propiedades del suelo (Cabrera, Robaina and Ponce de León, 2011). Existe diferentes familias y especies que cohabitan entre sí en un mismo espacio terrestre, estas comunidades de macrofauna funcionan como indicadores de calidad o alteración ambiental que según el uso de la tierra al que estén sometidas pueden variar en su composición, abundancia y diversidad (Lavelle *et al.*, 2003; Cabrera *et al.*, 2011).

La Península de Santa Elena se caracteriza por ser una zona semiárida y poseer suelos con problemas de salinidad, lo que representa baja productividad y mala calidad de los suelos (Proaño y Briones, 2008) . Son casi nulas las investigaciones que se realizan a nivel local acerca del tema de preservación ecológica a pesar de ser una zona agrícola, por lo que este trabajo significaría una de las investigaciones base a nivel Costa. A nivel país existen estudios realizados en las provincias de Carchi, Tulcán y Chimborazo.

El presente estudio pretende caracterizar la macrofauna edáfica presente, para su uso como indicador biológico de la calidad del suelo en el sector a evaluar, y con ello determinar el impacto de dos sistemas de uso de la tierra y estado ecológico de sus

suelos. Los resultados de la investigación aportarán información sobre la macrofauna del suelo, además de dar apertura a nuevos estudios de aplicación de bioindicadores de la calidad de los suelos que nos permitirían mantener, conservar y proteger los ecosistemas y su sustentabilidad en el tiempo.

Problema Científico:

A partir de la caracterización de la macrofauna edáfica y su evaluación como indicador, ¿Cuál será el estado ecológico de los suelos de áreas con cultivos de ciclo corto en comparación con áreas de bosque seco tropical de Manglaralto?

Objetivo General:

Evaluar el estado ecológico de los suelos de áreas con cultivo de ciclo corto en comparación con áreas de bosque seco nativo pertenecientes al Centro de Apoyo Manglaralto, a través de la macrofauna edáfica.

Objetivos Específicos:

- Caracterizar y comparar la riqueza, diversidad y abundancia, así como la estructura funcional de la macrofauna edáfica existente en áreas bajo cultivo de ciclo corto y bosque seco nativo de Manglaralto.
- Determinar el comportamiento de indicadores biológicos ya establecidos en función de la macrofauna del suelo, para ambos usos estudiados.
- Analizar el impacto de los usos de la tierra estudiados y el estado ecológico de los suelos mediante la macrofauna edáfica.

Hipótesis:

La riqueza, diversidad, abundancia y estructura funcional de la macrofauna del suelo están influenciadas por el cambio que sufre el medio edáfico de acuerdo al uso de la tierra al que están sometidos; lo cual corrobora su posible uso como bioindicador.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1.Suelo

Suelo se deriva de la palabra latina *solum* que significa piso de la corteza terrestre. El suelo está conformado de partículas orgánicas y minerales resultantes de procesos de desintegración por efecto del aire y agua o la combinación de ambas (Pozo y Domingo, 2015).

El suelo es un recurso importante ya que en él habitan numerosos organismos y permite el crecimiento de la vegetación. Este ofrece numerosos servicios ecosistémicos como: proveer el medio y nutrientes para el desarrollo de las plantas, la regulación del clima, además de albergar una gran variedad de biodiversidad como es el caso de la macrofauna del suelo (Tapia *et al.*, 2016).

1.2.Capacidad de uso de la tierra

Los suelos son catalogados y clasificados de forma técnica e interpretativa de acuerdo a las características propias de clima y suelo, permitiendo agruparlos en clases de capacidad de uso y establecer su adaptabilidad a ciertos cultivos (Tomalá y Mariela, 2019).

1.3.Fauna edáfica

La fauna edáfica o del suelo encierra a una gran variedad de organismos microscópicos y de talla mediana, que se desarrollan y habitan parcial o permanentemente ya sea en la superficie o interior del suelo, en la hojarasca, troncos y ramas viejas. Estos individuos a través del tiempo han logrado adaptarse a los ambientes de baja luminosidad, escaso oxígeno, condiciones adversas del clima y baja disponibilidad de alimento (Lavelle *et al.*, 1994).

Los organismos del suelo establecen poblaciones y comunidades que interactúan y se relacionan entre sí conservando el equilibrio de los ecosistemas. Forman la trama trófica al ser organizados de acuerdo a su hábito alimentario. En general, contribuyen con un amplio rango de servicios ecológicos y procesos como el ciclo de los nutrientes, la descomposición de la materia orgánica, captación de carbono, transformación del estado físico del suelo y actúan sobre el régimen del agua (Zerbino *et al.*, 2008).

1.4. Macrofauna y sus grupos funcionales

Los macroinvertebrados del suelo son muy numerosos, pueden encontrarse varios millones de individuos por ha, son fácilmente visibles y se consideran dentro de este grupo a los invertebrados mayores de 2mm de diámetro, que se caracterizan por operar en escalas de tiempo y espacio más amplias que los individuos de menor tamaño. Tienen ciclos biológicos largos (un año o más), baja tasa reproductiva, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión (Lavelle *et al.*, 1994; Zerbino *et al.*, 2008).

Tienen diferentes efectos en los procesos que determinan la fertilidad del suelo. Estos organismos regulan la población microbiana responsable de los procesos de mineralización y humificación, participan en procesos como formación de agregados, estructura, textura y consistencia del suelo, movimiento y retención del agua e intercambio gaseoso, reciclaje de materia orgánica y liberación de nutrientes asimilables (Sánchez y Reinés, 2001; Huerta *et al.*, 2008). Por ende, la pérdida o disminución de las propiedades físicas, químicas y de fertilidad del suelo es proporcional a la pérdida de macrofauna (Brown *et al.*, 2001).

El equilibrio del ecosistema, la productividad y las interacciones bióticas del suelo dependen de la presencia de estos cuatro grupos claves: los detritívoros, los herbívoros, los omnívoros y los depredadores. Estos grupos cohabitan, comparten e interactúan de acuerdo a la disponibilidad y manejo de los recursos disponibles en los distintos usos de la tierra. La ausencia o pérdida de un grupo implica efectos negativos en el ecosistema (Moore *et al.*, 2004; Zerbino *et al.*, 2008; Pauli *et al.*, 2016; Cabrera *et al.*, 2017)

Existe otra clasificación funcional de la macrofauna en donde se dividen a estos organismos de acuerdo a su efecto ecológico sobre el ambiente y su alimentación, se reconocen a los organismos *epígeos* que viven y se alimenta en la parte superficial, es decir entre la hojarasca y son el grupo más susceptible a cambios climáticos. Los organismos *anécicos* se identifican por obtener su alimento de la hojarasca de la superficie pero la trasladan a túneles que forma en el suelo, lo que favorece a la oxigenación e infiltración del mismo, y por último los organismos *endógeos* viven dentro del suelo y por ende se alimentan de la materia orgánica o de restos de raíces

vivas o muertas y su principal acción es la de formar macroagregados con sus deyecciones (Lavelle, 1997).

Desde el punto de vista de los hábitos alimentarios de la macrofauna, el grupo de los *herbívoros* se alimentan de las partes vivas de las plantas, generando así riqueza y variedad de los recursos que ingresan al suelo y beneficiando principalmente al grupo funcional de detritívoros. Se conoce que dentro de este grupo se encuentran familias de coleópteros, hemípteros y otros ordenes de insectos (Lavelle, 1997; Wardle y Bardgett, 2008).

Los individuos del grupo de los *detritívoros* se encargan de la fragmentación, fraccionamiento y descomposición física y química de restos vegetales y mineralización de la materia orgánica, no crean estructuras físicas aun siendo dependientes de ellas y por lo general son invertebrados epígeos (Bignell, 2006; Cabrera, Robaina and Ponce de León, 2011). Las comunidades detritívoras tienen efectos sobre los ciclos de nutrientes, sobre los productores primarios y los consumidores (herbívoros y depredadores) (Moore *et al.*, 2004). Este gremio de epígeos está representado fundamentalmente por los diplópodos (milpiés), isópodos (cochinillas), algunos *coleópteros* (escarabajos), gastrópodos (caracoles), oligoquetos (lombrices de tierra) e isópteros (termitas). Existen además detritívoros *omnívoros* no selectivos que se alimentan de material de origen vegetal o animal (Zerbino *et al.*, 2008; Cabrera, Robaina and Ponce de León, 2011; Cabrera, 2012) .

Los *depredadores*, se caracterizan por alimentarse de otros invertebrados, son eslabones de la producción primaria y la descomposición, de gran impacto para los diferentes miembros del ecosistema. Se consideran depredadores a las arañas, pseudoescorpiones, ciempiés y varias familias de coleópteros (Bignell, 2006; Masters, 2008; Wardle y Bardgett, 2008).

Otra clasificación destaca a las hormigas y también lombrices y termitas como *ingenieros de suelo*, los cuales desempeñan un papel fundamental con respecto al estado físico del suelo. Son responsables de la formación de poros, de la oxigenación del medio edáfico, de la infiltración de agua y de la formación de estructuras biogénicas que permiten la regulación de otras poblaciones de organismos (Lavelle, 1997; Bignell, 2006; Cabrera, 2014).

Entre los diversos táxones que componen la macrofauna se destacan *las lombrices* de tierra, que pertenecen al phylum Annelida y a la clase Oligochaeta. Se les conoce como uno de los grupos más numerosos y visibles, son de cuerpo blando, alargado y de colores variados, de blanquecinos hasta rosáceos. Tienen relación directa con el estado físico del suelo y especialmente con las propiedades hídricas gracias a los túneles y redes que crean bajo la superficie (Sánchez y Reinés, 2001). Por otra parte, son de poca movilidad, proliferan en suelos húmedos, no compactos y ricos en materia orgánica. Sus poblaciones están reguladas también por las características químicas del suelo, además del clima, la humedad, la disponibilidad y calidad del alimento, así como por cambios y disminución en la cobertura vegetal (Chocobar, 2010).

Los *milpiés*, por su parte, están integrados en el subfilo de los Miriápodos y son consumidores de material vegetal en descomposición. Se los encuentra habitando en troncos podridos, hojarasca, suelo y bajo las rocas. Poseen la facilidad de excavar por lo que forman canales superficiales que facilitan el transporte de nutrientes, la movilidad del agua, mejoran e incrementan el espacio poroso (Bueno Villegas, 2012).

Las *cochinillas*, que pertenecen al orden de los Isópodos, son de vida hipógea o epígea caracterizados por ser saprófagos, consumir humus e inclusive carroña. La humedad representa un factor importante en su actividad, dispersión y preferencias de hábitat. (García, 2015). Otros organismos como los *caracoles* y *babosas* de la clase Gastropoda, habitan en zonas templadas y tropicales, en lugares húmedos con presencia de hojarasca y humus, y cantidades apropiadas de alimento. Existen una gran variedad de individuos, desde ejemplares muy pequeños de entre 1 a 5 mm a ejemplares grande de 25 a 300 mm (Naranjo, 2014; Urgorri *et al.*, 2017).

Los *ciempiés* también pertenecen al subfilo Miriápoda, como los milpiés. Poseen una gran variedad de individuos y por su tamaño son claramente visibles, su longitud varía entre alrededor de 10 a más de 270 mm, son planos, flexibles, con exoesqueleto y apéndices articulados. Su hábito alimentario responde fundamentalmente al de los carnívoros o depredadores (Rowland, 1999; Germán, 2011).

Las *arañas* integradas al grupo de los Arácnidos, se encuentran en diversos ecosistemas, existen individuos de diferentes tamaños, pueden ir de menos de 0.37 mm

a los 9 cm. Unos son de vida nocturna y otros de vida diurna. Los machos suelen ser más pequeños que las hembras, y la gran mayoría son carnívoros, aunque existe un pequeño grupo omnívoro (Melic y Barrientos, 2015).

Los *pseudoescorpiones*, también correspondientes a la clase Arachnida, habitan zonas templadas, tropicales y subtropicales. Son depredadores y entre sus principales alimentos están los ácaros, colémbolos, dípteros e isópteros. Su tamaño va de entre 0.8 mm y 1 cm de longitud (Zaragoza, 2015).

Las *termitas*, del orden Isóptera dentro de los insectos, colonizan zonas tropicales y de cultivo, generalmente se las encuentra en grandes colonias de hasta 10 400 individuos por m². Se adaptan muy bien a las condiciones adversas de clima y humedad y suelos con baja cantidad de materia orgánica (Barros *et al.*, 2002; Bandeira *et al.*, 2003; Lavelle, Senapati and Barros, 2003).

Los *escarabajos* que conforman el orden Coleóptera de la clase Insecta, habitan diversos espacios terrestres, se asocian con los diferentes tipos de vegetación como árboles, musgos, hierbas. Sus hábitos alimenticios van desde el omnivorismo a las alimentaciones estrictamente carnívoras, fitófagas, micetófagas o saprófagas. Otros suelen ser parásitos y un pequeño grupo son antrópicos, es decir dependen de los recursos y producciones generados por el hombre (Alonso, 2015).

Las *tijeretas* también como insectos del orden Dermaptera, se consideran individuos primitivos que viven bajo las piedras, en el suelo y también en troncos caídos de árboles. Su nombre lo recibe por poseer cercos en forma de pinza al final de su cuerpo. Las tijeretas son omnívoros aunque existe un pequeño grupo depredador, en general la mayoría de los forficúlidos son saprófagos, detritívoros o fitófagos alimentándose de los pétalos de las flores (Herrera, 2015).

Las *hormigas* conforman uno de los grupos más abundantes y diversos, que desempeñan una función muy importante como depredadoras, herbívoras u omnívoras (Montenegro, Filella and Valdivia, 2017). Las hormigas pertenecen a la Familia Formicidae de la clase Insecta. Viven en colonias y formando galerías en el suelo, incluso originando cavidades en plantas y nidos en los troncos de los árboles, en la hojarasca o bajo las rocas. Tienen regímenes alimentarios variados, ocasionan daños

de suma importancia a la agricultura, fruticultura y plantas forestales (Fernández y Palacio, 2006).

Las *mariposas* y *orugas*, que se agrupan en el orden Lepidóptera de los insectos, logran ocupar diferentes sistemas terrestres y son herbívoros o fitófagos. Reciben su denominación por la presencia de dos pares de alas membranosas aplanadas. Estos invertebrados atraviesan por diferentes fases: huevo, larva, pupa y adulto (García *et al.*, 2015).

El grupo de *grillos* y *saltamontes* (Orden Orthoptera, Clase Insecta), pueden ser alados o ápteros, de tamaño mediano a grande. La mayoría de las especies del orden son fitófagas, encontrándose también omnívoras. Se caracterizan además por tener metamorfosis simple, pasan por las etapas de huevo, ninfa y adulto. Afectan a toda clase de cultivos (Bar, 2010).

1.5. Macrofauna como indicador biológico

Los indicadores biológicos a diferencia de los métodos físicos y químicos permiten inferir de forma más rápida y práctica el estado de salud del suelo, ya que son capaces de manifestar cambios en un corto periodo de tiempo producto de las perturbaciones del medio (Cabrera *et al.*, 2017). Para determinar la calidad de los ecosistemas edáficos y el impacto que ejercen los usos de la tierra, se considera que la macrofauna es un excelente referente como indicador biológico; debido a que ejerce una visible función ecológica y efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo, en periodos de tiempo marcados por diversas condiciones climáticas o cambios en la cobertura vegetal (Rousseau *et al.*, 2013; Gómez *et al.*, 2016; Pauli *et al.*, 2016;).

Para poder utilizar un determinado grupo taxonómico de la macrofauna como indicador biológico es necesario que cumpla con ciertas especificaciones. Este grupo de invertebrados debe poseer diversidad taxonómica y ecológica, hábitos relativamente sedentarios, estar presente a lo largo del año, facilidad de ser manipulados, identificados y observados (tratamiento taxonómico), poseer rápida respuesta poblacional ante los cambios de las condiciones ambientales, alta capacidad de reproducción que permitan un muestreo intensivo sin provocar desequilibrios en su entorno. También es importante considerar sus funciones claves en el ecosistema y

sus mecanismos de respuesta ante perturbaciones (McGeoch, Rensburg and Botes, 2002).

La macrofauna tiene capacidad de respuesta antes diferentes usos de la tierra. Los estudios sobre la temática han estado dirigidos no solo a generar índices de salud del suelo sino también a manejar las poblaciones de macroinvertebrados en sistemas de producción sostenible y preservación de la biodiversidad (Huerta *et al.*, 2008; Zerbino *et al.*, 2008; Cabrera, 2012). Esencialmente, la conversión de los bosques naturales en pastizales o cultivos agrícolas, que daña la sucesión forestal natural y lleva los sistemas a los primeros estadios de inmadurez, simplicidad e inestabilidad, afecta las comunidades de la biota edáfica. Debido a que esto provoca a su vez cambios en determinados atributos del suelo de los cuales depende también esta fauna (materia orgánica, agregación y porosidad del suelo, disponibilidad de agua y nutrientes) (Bautista *et al.*, 2009; Ayuke, 2010; Silva *et al.*, 2018).

La abundancia, riqueza y composición funcional de la macrofauna edáfica se establecen en base a dos variables: la vegetación y la actividad mecánica o de labranza en el suelo, se toman en cuenta características como el grado de disturbio mecánico; calidad, variación de la estructura y ubicación de la vegetación presente, junto a la densidad de las poblaciones de malezas. La cobertura vegetal actúa como mecanismo de protección al suelo en situaciones como la erosión producida por la sequía, contribuye a que la humedad presente se mantenga gracias a que disminuye la amplitud térmica y la evaporación, otro aspecto positivo es que provee alimento y refugio para las diversas comunidades de individuos que conforman la cadena trófica edáfica (Lietti *et al.*, 2008; Araújo *et al.*, 2010; De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012; Coimbra *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2017; Tapia-Coral *et al.*, 2016; Amazonas *et al.*, 2018).

Por otra parte, el uso de la macrofauna como bioindicador, ha abarcado la formulación de relaciones entre diferentes grupos taxonómicos y también índices más complejos, donde se han utilizado solo las características de la macrofauna o mezclado variables biológicas, físicas y químicas para indicar la calidad del medio edáfico (Barros *et al.*, 2002 en la Amazonia brasileña; Velásquez *et al.*, 2007 en Colombia y Nicaragua; Huerta *et al.*, 2009 en México; Rousseau *et al.*, 2010 en Brasil; Ruiz *et al.*, 2011 en Francia). Recientemente en Cuba, se proponen relaciones biológicas basadas en las

abundancias de diferentes grupos taxonómicos o funcionales para evaluar el impacto del uso de la tierra y la calidad del suelo, a partir de las respuestas antagónicas que manifiestan tales grupos ante los cambios en el hábitat (Cabrera *et al.*, 2017).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Descripción del área y sistemas de estudio

El Centro de apoyo Manglaralto se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas X=528534, Y=9796054 de la parroquia del mismo nombre que está ubicada al norte de la provincia de Santa Elena y cuenta con una extensión de 497,4 km². Se caracteriza por poseer un suelo franco arcillo limoso de pH 7,7 y con bajos contenidos de materia orgánica (Pincay y Eduardo, 2015). El clima está catalogado por el sistema Köppen-Geiger como BWh clima desértico, con temperaturas promedio de 24,6 °C y precipitación media de 343 mm.



Imagen 1. Ubicación de los sitios de uso de la tierra estudiados en el Centro de Apoyo Manglaralto.

Se trabajaron dos usos de la tierra que se describen a continuación, cultivo de ciclo corto y bosque seco tropical regenerado.

Bosque seco tropical regenerado: posee cierto grado de antropización pero en la actualidad muestra estabilidad luego de treinta años sin actividad antrópica, abarca aproximadamente 4 has, posee suelos de tipo molisol y una vegetación tropical semiverde no primigenia, se logran encontrar especies arbóreas como guayacán amarillo (*Handroanthus chrysanthus*), cainito (*Chrysophyllum cainito*), leucaena (*Leucaena leucocephala*), muyuyo (*Cordia lutea*), árboles de entre 5 y 15 metros de altura. El suelo está provisto con una capa de hojarasca. Según Espinosa *et al.* (2012)

la denominación de bosque seco tropical mencionada por Murphy y Lugo (1995) refleja el ecosistema con bosques caducifolios y semicaducifolios, árboles sin hojas, situación ligada a la época de sequía que comprende un período de entre 5 y 6 meses, similares al bosque primigenio.

Cultivo de ciclo corto: el espacio que abarca un área de 3389 m², área intervenida con maquinaria en los últimos 2 años con especies como fréjol, yuca, sandía, maíz, y cebolla, actividad agrícola bajo riego por goteo y con aplicación de fertilizantes químicos como: nitrato de amonio, sulfato de potasio y fosfato diamónico. El suelo está provisto de una fina capa de hojarasca en las áreas bordeadas por árboles como pechiche, cedro, laurel. Entre las malezas que más predominan están el amaranto (*Amaranthus dubius*), el coquito (*Cyperus rotundus*), la caminadora (*Rottboellia cochinchinensis*), y la escobilla (*Parthenium hysterophorus*).

2.2. Diseño experimental del estudio

2.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo exploratoria, descriptiva, transversal, de campo y cuasi-experimental.

2.2.2. Muestreo aleatorio estratificado

Este muestreo divide la población (N) en grupos o también denominados estratos (L) para obtener resultados disgregados y estos en conjunto forman un total, la muestra estratificada se obtiene a partir de unidades de cada uno de los estratos independientes. El muestreo aleatorio pretende mejorar la precisión de las estimaciones reduciendo el error, los estratos son los grupos de individuos más homogéneos y a su vez pueden mostrar heterogeneidad entre ellos (Otzen and Manterola, 2017).

Los criterios de estratificación considerados para esta investigación son: a) suelo homogéneo y b) tipo de uso de la tierra

2.3. Manejo del experimento

Se consideraron tres etapas: la primera de recuperación de información y selección de los sitios de muestreo; la segunda de trabajo de muestreo y colecta en campo,

extracción, preparación de muestras e identificación de los organismos colectados y tercera de procesamiento de la información y elaboración de resultados. Además incluye la creación de la base de datos según la información disponible y el cálculo de indicadores faunísticos y gráficas de su comportamiento.

2.3.1. Primera Etapa

Selección de áreas de muestreo y protocolos de muestreo

Comprendió el reconocimiento previo del área de estudio y definición de patrones de suelos y vegetación. Los muestreos fueron de tipo aleatorios estratificados. Se seleccionaron dos sistemas de estudio, un área conservada de bosque tropical regenerado y otra dedicada a cultivos de ciclo corto en el centro de apoyo Manglaralto.

2.3.2. Segunda etapa

Muestreo e identificación de la fauna edáfica.

La recolección de la macrofauna se realizó de acuerdo con la metodología estándar descrita por el Programa de Biología y Fertilidad del Suelo Tropical o TSBF (Anderson e Ingram, 1993; Lavelle *et al.*, 2003). El muestreo se llevó a cabo el día 21 del mes de febrero en el periodo de lluvias y específicamente en horas tempranas de la mañana, obteniendo 16 puntos a evaluar.

La unidad de muestreo fue de 25 x 25 cm y 20 cm de profundidad, considerando una distancia mínima de 5 m entre unidades de muestreo, respondiendo a un diseño completamente aleatorizado. La macrofauna se recolectó manualmente *in situ*. Se realizaron 8 unidades básicas de muestreo (monolitos) para ambos usos de la tierra. Con la ayuda de un medidor portátil de humedad y temperatura se tomaron los datos de humedad y temperatura para cada caso.

Se extrajo por unidad básica de muestreo el contenido de suelo, se depositó en una manta de polietileno y se recolectaron todos los organismos visibles con la utilización de pinzas adecuadas. Estos se colocaron en frascos de plástico con tapas. Se utilizó formaldehído al 4% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70% para

preservar el resto de los organismos. Se etiquetó cada frasco colector con información como: localidad de recolecta, uso de tierra en estudio, número de monolito y fecha.

Posteriormente en laboratorio se procedió a la identificación de la macrofauna, lo cual se realizó hasta nivel de orden y familia fundamentalmente. También se estimó riqueza de taxones, abundancia de la macrofauna total y de los grupos funcionales (detritívoros, herbívoros, depredadores y omnívoros) (Cabrera, 2014; Cabrera et al., 2017).

2.3.3. Tercera etapa

Procesamiento y elaboración de los resultados de la macrofauna edáfica.

Para el procesamiento se organizaron y establecieron diferentes matrices que reflejaron la riqueza de las comunidades de la macrofauna, así como la abundancia de la macrofauna total, por taxón y por grupo funcional. Esto permitió la organización de los resultados en los siguientes acápite:

Análisis de la Riqueza, Dominancia y Diversidad de la macrofauna edáfica

Para este análisis se confeccionaron las curvas de rango de abundancia por sistema estudiado, a partir del Log_{10} del número de individuos o abundancia relativa (π) de las familias encontradas en cada sistema de uso de la tierra (Magurran, 1989).

Densidad de la macrofauna total y de los grupos funcionales

La densidad de la macrofauna total y de cada uno de los grupos funcionales se halló a partir de la abundancia o número de individuos y se expresó en ind.m^{-2} . Se comprobó la existencia de diferencias entre los grupos funcionales para cada uno de los sistemas estudiados, a través del análisis de Kruskal-Wallis y se mostró mediante un gráfico box-plot.

Evaluación de indicadores biológicos a partir de la macrofauna edáfica

Se reflejaron gráficamente las proporciones entre grupos Detritívoros y No Detritívoros, así como entre lombrices de tierra y hormigas; a partir de lo cual se evaluó el impacto del uso y manejo del suelo en los sistemas estudiados y la calidad del medio edáfico (Cabrera *et al.*, 2017). En el caso de la existencia de una abundancia alta o

incluso superior de organismos Detritívoros sobre No Detritívoros y de Lombrices sobre Hormigas, refleja sistemas con poca o ninguna alteración en el ambiente edáfico y un posible estado favorable de fertilidad, un resultado inverso, con predominio de organismos No Detritívoros y de Hormigas, indicaría sistemas con un impacto negativo sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Otros resultados colaterales a partir del trabajo de tesis fueron:

Conformación de una colección natural de macrofauna del suelo.

Se conformó una colección húmeda (alcohol etílico 75% y formol 4%) con frascos recolectores principalmente plásticos, donde se preservaron los diferentes grupos de la macrofauna del suelo recolectados en los usos de tierra estudiados. Se realizó la correcta identificación y ubicación taxonómica de los organismos. En las etiquetas de los frascos se detallaron datos como la localidad, uso de la tierra y fecha de muestreo. Dicha colección podrá ser tomada de referencia para la identificación y el manejo ecológico de datos de la macrofauna edáfica en estudios futuros.

2.4. Análisis estadístico

2.4.1. Test Kruskal-Wallis

Con el propósito de determinar las variaciones de la densidad para cada uno de los grupos funcionales, se pretende utilizar el método no paramétrico de Kruskal-Wallis también conocido como test H. Es un test que emplea rangos para contrastar la hipótesis de que k muestras han sido obtenidas de una misma población, contrasta si las diferentes muestras están equidistribuidas y que por lo tanto pertenecen a una misma distribución (población). Bajo ciertas simplificaciones puede considerarse que el test de Kruskal-Wallis compara las medianas, es el test adecuado cuando los datos tienen un orden natural, es decir, cuando para darles sentido tienen que estar ordenados (Amat, 2016).

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Composición, Riqueza, Dominancia y Diversidad de la macrofauna edáfica

La composición taxonómica de la macrofauna en el sitio de estudio, teniendo los dos usos de suelo estudiados, totalizó dos *phylum*, seis clases y catorce órdenes. A nivel de familia se nombró casi la generalidad de las encontradas, que fueron un total de treinta familias. A niveles inferiores solo se pudieron identificar veinte géneros y diez especies. La gran mayoría de las especies nombradas, y en general la macrofauna hallada, presenta una amplia distribución geográfica y/o de hábitat (**Tabla 1**).

Tabla 1. Composición taxonómica y funcional de las comunidades de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. (-): No determinado, (x): Presencia del taxón.

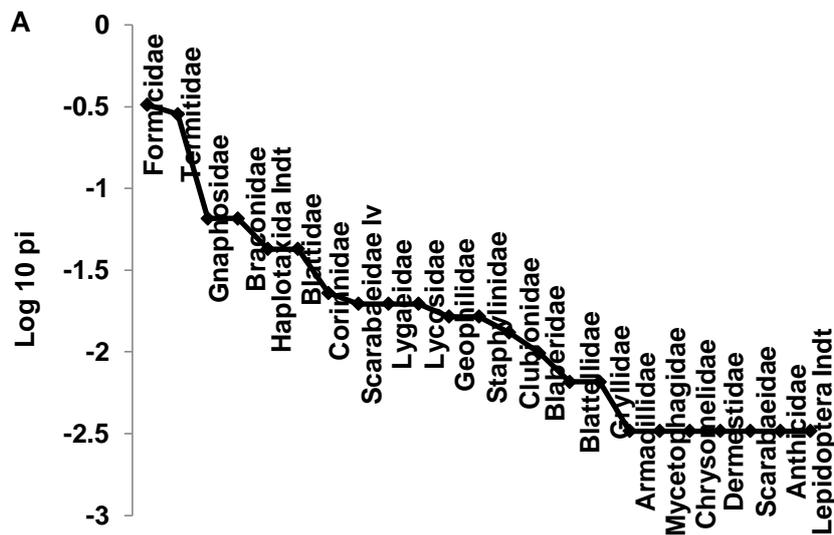
Nombre común	Phylum Clase	Orden Familia	Género Especie	Grupo Funcional	Sistemas de uso de la tierra			
					Bosque seco	Cultivo		
Lombrices	Annelida Clitellata	Haplotaxida	-	Detritívoro	x	x		
		-						
Cochinillas	Arthropoda Malacostraca	Isopoda Armadillidae	<i>Armadillidium A. vulgare</i>	Detritívoro	x			
		Isopoda Platyarthridae	-			Detritívoro		x
Milpiés	Arthropoda Diplopoda	Polyxenida Lophoproctidae	-	Detritívoro		x		
		Polydesmida Paradoxosomatidae	-		Detritívoro		x	
			-		Depredador	x	x	
Ciempiés	Arthropoda Chilopoda	Geophilomorpha Geophilidae	<i>Geophylus G. carpophagus</i>	Depredador	x			
		Scolopendromorpha Scolopendridae	-			Depredador		x
		Araneae Gnaphosidae	<i>Gnaphosa</i>			Depredador	x	
	-	Depredador	x	x				
Araneae Lycosidae	-	Depredador	x					
Arañas	Arthropoda Arachnida		-	Depredador	x			
		Araneae Corinnidae	-			Depredador	x	x
			-			Depredador	x	
		Araneae Clubionidae	-			Depredador	x	
		Araneae	-			Depredador		x

			Segestriidae				
			Araneae	-	Depredador	x	
			Liocranidae				
			Araneae	-	Depredador	x	
			Oonopidae				
Hormigas	Arthropoda Insecta	Hymenoptera Formicidae	<i>Lasius</i>		Omnívoro	x	x
			<i>L. niger</i>				
			<i>Monomorium</i>		Omnívoro	x	x
			<i>M. minimum</i>				
			<i>Wasmannia</i>		Omnívoro	x	x
			<i>W.</i>				
			<i>auropunctata</i>				
			<i>Brachymyrmex</i>		Omnívoro	x	
			<i>Crematogaster</i>		Omnívoro	x	
			-				
			<i>Forelius</i>		Omnívoro	x	
			-				
			<i>Acromyrmex</i>		Herbívoro	x	
			-				
Avispas parasitoides	Arthropoda Insecta	Hymenoptera Braconidae	-		Depredador	x	
			-		Depredador	x	
Termitas	Arthropoda Insecta	Isoptera Termitidae	-		Detritívoro	x	x
Oruga	Arthropoda Insecta	Lepidoptera -	-		Herbívoro	x	x
Escarabajos	Arthropoda Insecta	Coleoptera Staphylinidae	<i>Paederus</i>		Depredador	x	
			-				
			<i>Rybaxis</i>		Depredador	x	
		<i>R. mystica</i>					
		<i>Stenus</i>		Depredador	x		
		<i>S.</i>					
		<i>cicindeloides</i>					
		<i>Canthon</i>		Omnívoro	x		
		-					
		Coleoptera Scarabaeidae	<i>Phyllophaga</i>		Herbívoro	x	
			<i>Phyllophaga</i>				
			<i>sp</i>				
		Coleoptera Chrysomelidae	<i>Chrysolina</i>		Herbívoro	x	
	-						
Coleoptera Elateridae	<i>Agriotes</i>		Herbívoro		x		
	-						
Coleoptera Dermestidae	-		Herbívoro	x	x		
Coleoptera Mycetophagidae	-		Herbívoro	x			
Coleoptera Anthicidae	-		Omnívoro	x			
Coleoptera Tenebrionidae	-		Detritívoro		x		
Chinches	Arthropoda Insecta	Hemiptera Lygaeidae	-		Herbívoro	x	
			-		Herbívoro	x	
			-		Herbívoro	x	
			-		Herbívoro		x

Cucarachas	Arthropoda Insecta	Miridae				
		Blattodea Blaberidae	<i>Pycnoscelus</i> <i>P.</i> <i>surinamensis</i>	Omnívoro	x	
			-	Omnívoro	x	
		Blattodea Blattidae	-	Omnívoro	x	
			-	Omnívoro	x	
		Blattodea Blattellidae	-	Omnívoro	x	
Grillo	Arthropoda Insecta	Orthoptera Gryllidae	<i>Acheta</i> <i>A. domesticus</i>	Omnívoro	x	x
		Orthoptera Gryllidae	<i>Anaxipha</i> -	Herbívoro	x	

Elaborado por: Jenyffer Pozo

Según las curvas de Rango de Abundancia, la riqueza de familias fue mayor en el bosque seco tropical estudiado (22 familias) que en el cultivo (19 familias). Igualmente, de acuerdo con estas curvas, las familias dominantes en el bosque consistieron en las familias de insectos sociales de Formicidae (Hormigas) y Termitidae (Termitas). También en el sistema de cultivo dominaron estas mismas familias, aunque en primera instancia y con un predominio más marcado las termitas con respecto a las hormigas (Figura. 1). Las curvas también reflejaron una mayor equitatividad o distribución más uniforme de las abundancias entre los diferentes componentes de la macrofauna edáfica en el bosque. Esto junto con una riqueza superior en este sistema, aunque con leve diferencia respecto al otro sistema en estudio, confirma una diversidad mayor en el bosque seco tropical en comparación con el cultivo evaluado (Figura. 1).



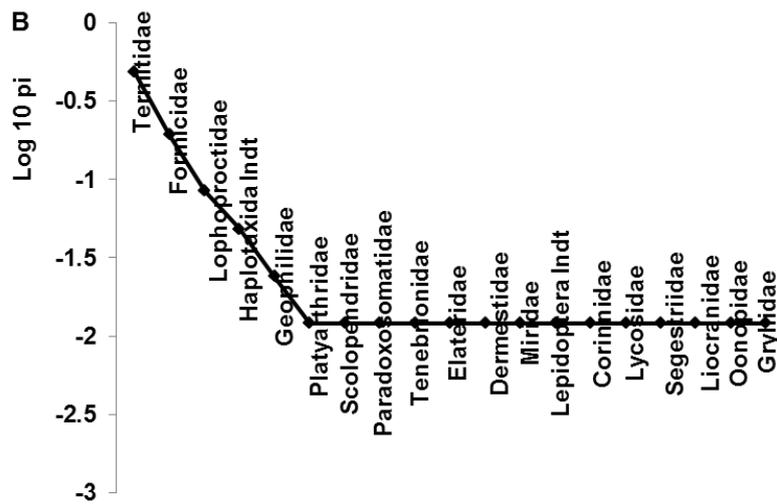


Figura 1. Curvas de Rango de Abundancia de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. A: Bosque seco tropical, B: Cultivo convencional. Haplotaenidae Indt: Familia de lombriz indeterminada, Lepidoptera Indt: Familia de oruga indeterminada, Scarabaeidae Iv: Larvas de Scarabaeidae (Escarabajos).

La dominancia de táxones, cumplió con la generalidad descrita en la literatura, donde las hormigas y las termitas se señalan entre los organismos más abundantes dentro de las comunidades edáficas (Lavelle *et al.*, 1998; Brown *et al.*, 2001). Diversos autores resaltan la superioridad de las hormigas, las cuales constituyen entre el 19-82 % en cuanto a su abundancia en muchos tipos de ecosistemas como bosques regenerados, sistemas agroforestales, espacios verdes urbanizados y cultivos agrícolas; y en el caso de las termitas constituyen entre el 27-50 % en bosques naturales y secundarios, pastizales, sistemas silvopastoriles y policultivos (Pauli *et al.*, 2011; Bao-Ming *et al.*, 2012; De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012; Rousseau *et al.*, 2013; Lavelle *et al.*, 2014; Marichal *et al.*, 2014; Suárez *et al.*, 2015; Souza *et al.*, 2016; Tapia Coral *et al.*, 2016; Gómez *et al.*, 2016; Pereira *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2018; Ramírez-Barajas *et al.*, 2019). Chanatásig-Vaca *et al.* (2011) enfatizan el comportamiento exitoso, principalmente de las hormigas, debido a su alta competitividad y sobrevivencia en casi todos los ecosistemas terrestres; mientras que Lavelle *et al.* (2003), Cabrera Dávila (2012), y Pereira *et al.* (2017) destacan a las termitas como organismos oportunistas, de rápida colonización, invasión y agresividad, adquiriendo importancia principalmente en zonas de cultivos.

La mayor riqueza y diversidad encontrada en el bosque seco tropical regenerado trabajado respondió a su bajo grado de antropización, cobertura vegetal presente gracias a la variedad de especies arbóreas y arbustivas y suelos de características franco arcillosas (Zerbino *et al.*, 2008; Caicedo Rosero *et al.*, 2017). Los bosques con respecto a otros ecosistemas, presentan una composición vegetal diversa y una amplia capa de hojarasca, la cual al depositarse en el suelo como mantillo crea un microclima favorable, y sirve de microhábitat y alimento para muchos organismos de la fauna edáfica (De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012).

En el caso del cultivo estudiado, la menor diversidad obtenida obedeció a que en este predio dedicado a la siembra de productos de ciclo corto y en ocasiones los suelos se encuentran totalmente descubiertos. Por otro lado, este sistema estuvo sujeto a la labranza mecánica y aplicaciones de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y plaguicidas), características todas que pueden incidir en la degradación progresiva del ambiente edáfico y sobre todo de sus propiedades biológicas. Las variaciones ocurridas en las comunidades de macroinvertebrados del suelo obedecen en primera instancia al cambio y a la intensidad del uso de la tierra, y además a variables edáficas condicionadas por la pérdida del componente vegetal y por la intensidad de manejo, tales como la temperatura, la humedad, la textura, el estatus nutricional y el contenido de materia orgánica (Zerbino *et al.*, 2008; Zerbino, 2010; Cabrera Dávila y López, 2018).

Como sucedió en este estudio, diversas investigaciones en bosques nativos exponen valores altos de riqueza taxonómica y diversidad de la macrofauna con relación a otros usos de la tierra altamente manejados (Rousseau *et al.*, 2013; Marichal *et al.*, 2014; Souza *et al.*, 2016; Durán Bautista *et al.*, 2018; Cabrera-Mireles *et al.*, 2019; Murillo-Cuevas *et al.*, 2019; Prayogo *et al.*, 2019). Incluso trabajos menos actualizados, como por ejemplo la investigación desarrollada por Pashanasi (2001), arrojó que los bosques primarios, no intervenidos e intervenidos, tuvieron entre 25 y 30 unidades en valores de riqueza taxonómica; asimismo Lavelle *et al.* (1981), Lavelle y Kohlmann (1984) y Lavelle y Pashanasi (1989) obtuvieron resultados similares para ambientes homólogos en México.

De manera similar ocurre en las investigaciones de bosques secundarios en Cuba, México y Peú, cuya distribución vertical estuvo concentrada en la hojarasca y en el estrato de 0-10 cm y en donde los valores de riqueza y diversidad de macroinvertebrados fueron significativamente mayores en comparación a sistemas como: pasto, cañaverales, cultivos varios, bosque mesófilo, e inclusive logra ser casi dos veces mayores en el bosque primario, se reveló se obtiene una riqueza superior de la macrofauna en los sistemas que ofrecen una mayor cobertura al suelo, tales como: los bosques primarios, los bosques secundarios y los sistemas agroforestales.(Pashanasi, 2001; Cabrera, Robaina and Ponce de León, 2011; Rosa and Negrete-Yankelevich, 2012; Cabrera-Dávila *et al.*, 2017)

También otra investigación en México, que contempla varios sistemas tropicales como pastizales, bosques y/o selvas, cultivos anuales, cítricos y cafetales, obtuvieron cerca de 17 grupos taxonómicos en cañaverales y cafetales, 16 grupos en bosques y 14 grupos en vegetación secundaria, con un predominio de termitas y hormigas (Barois *et al.*, 2001). Otro caso fue en Argentina, donde se evaluaron cuatro ambientes: bosque higrófilo, pastizal pastoreado, pastizal con una forestación reciente de Pinus y cultivo de algodón, observándose 19 órdenes de invertebrados con el predominio de oligoquetos terrestres y artrópodos. Entre los artrópodos, las termitas y hormigas fueron los grupos más abundantes llegando a conformar más del 85% de la macrofauna recolectada (Rousseau *et al.*, 2013; Gomez Pamies *et al.*, 2016). En un estudio más reciente en Nicaragua, se compararon un sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado, donde se encontró una mayor diversidad de macrofauna en el sistema de bosque comparado con los sistemas de producción pecuaria cuyos valores de riqueza fueron de 27 grupos de macroinvertebrados identificados (Montenegro *et al.*, 2017).

3.2. Densidad de la macrofauna total y de los grupos funcionales

Con respecto al análisis de la densidad en cada uno de los sistemas estudiados en función del estadístico Kruskal Wallis, se obtuvo diferencias significativas entre la densidad de los grupos funcionales en el bosque ($H=13$, $p= 0,003$), pero no así en el cultivo ($H=2,69$, $p= 0,26$). Los grupos funcionales mejor representados en ambos

sistemas fueron los detritívoros y omnívoros, y los más deprimidos los depredadores y herbívoros (Fig. 2 A y B; Tabla 2).

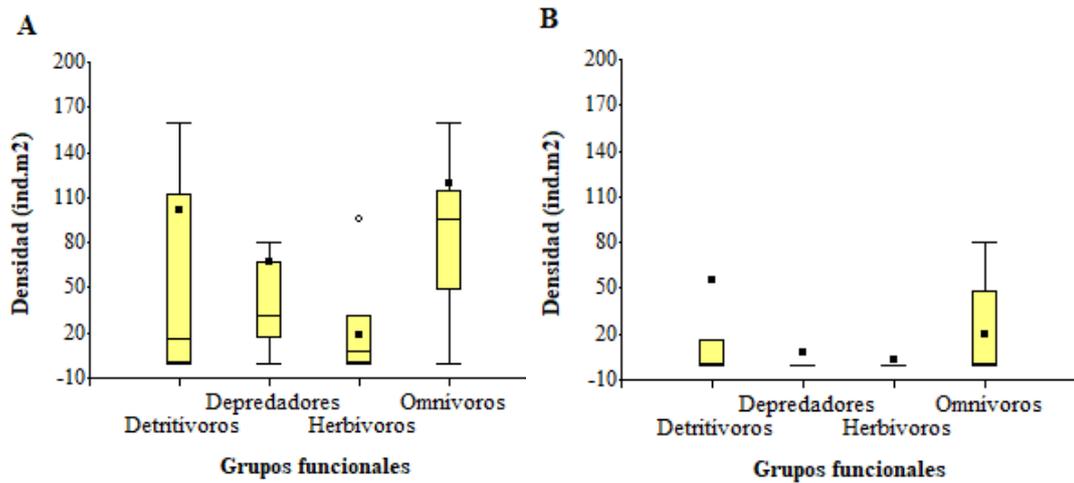


Figura 2. Diagrama de cajas (Box Plot) de la Densidad de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. A: Bosque seco tropical, B: Cultivo convencional. El diagrama muestra medianas (líneas en el interior de las cajas), medias (puntos negros), percentiles 25 y 75 (bordes inferior y superior de las cajas) y valores extremos (límites de líneas verticales).

La comparación de la densidad de individuos entre los sistemas de uso, también a partir de la prueba Kruskal Wallis, arrojó diferencias significativas para la totalidad de la macrofauna y para la mayoría de los grupos funcionales (Tabla 2). Solo los detritívoros no mostraron relevancia significativa entre usos, aunque se observó una disminución sustancial de la densidad de detritívoros en el cultivo con respecto al bosque, así como del resto de la trama trófica y de la macrofauna total (Tabla 2).

Tabla 2. Densidad (Media, Mediana, DE: Desviación estándar; ind.m⁻²) y Resultado del estadístico Kruskal Wallis (H) con su nivel de significación (p), para los diferentes grupos funcionales y la macrofauna total entre los sistemas de uso de la tierra estudiados.

Macrofauna	Sistemas de uso	Densidad (Media)	Densidad (Mediana)	Densidad (DE)	H	p
Detritívoros	Bosque	101,0	16,0	194,2	1,37	0,20
	Cultivo	55,0	0,0	159,6		
Depredadores	Bosque	67,2	32,0	93,4	8,53	0,002
	Cultivo	8,0	0,0	15,4		
Herbívoros	Bosque	19,0	8,0	25,6	3,6	0,02
	Cultivo	3,0	0,0	6,4		
Omnívoros	Bosque	119,1	96,0	106,7	13,5	0,0002
	Cultivo	20,0	0,0	27,7		
Macrofauna total	Bosque	304,06	240,5	244,6	13,5	0,0002
	Cultivo	85,0	24,0	169,6		

Por otra parte, para el bosque los grupos más abundantes como organismos detritívoros fueron las termitas (Termitidae), como depredadores las arañas y avispa parasitoides (Gnaphosidae, Braconidae), como herbívoros las chinches y coleópteros (Lygaeidae, Scarabaeidae) y en el caso de los omnívoros, las hormigas (Formicidae). En el cultivo, los grupos de mayor importancia dentro de los detritívoros fueron del mismo modo las termitas, dentro de los depredadores los ciempiés (Geophilidae) y dentro de los omnívoros también las hormigas. Con respecto a los herbívoros, varios grupos estuvieron igualmente representados, tales fueron las larvas de escarabajos (Elateridae), chinches (Miridae), orugas (Lepidoptera) y grillos (Gryllidae) (Tabla 1, Figura 1).

La estructura funcional de la macrofauna en los ecosistemas, según algunos autores (Granados y Barrera, 2007; Botina *et al.*, 2012), responde de modo general a la colonización en primera instancia de los invertebrados detritívoros, ya que son capaces de explotar el contenido de materia orgánica y el aporte continuo de múltiples recursos; para luego habitar organismos depredadores, que se alimentan de estos grupos favorecidos, y grupos omnívoros y herbívoros.

La reducción de la densidad de todos los grupos funcionales y de la macrofauna total en el cultivo con respecto al bosque, pudo obedecer a las transformaciones en las condiciones ambientales del suelo, originadas por la actividad agrícola y la consecuente destrucción mecánica de los microhábitats en este sistema (Zerbino *et al.*, 2008; Cabrera Dávila *et al.*, 2011). Estos autores también enfatizan que fundamentalmente los detritívoros, como individuos desprotegidos en la superficie del suelo, se reducen drásticamente por las variaciones bruscas en las condiciones de temperatura y humedad de este, debido a la menor cobertura y cantidad de residuos, y a una mayor exposición a la radiación solar en los ecosistemas alterados. En cambio, en los bosques, como sistemas diversificados y estables, estos organismos se favorecen en función de la cobertura vegetal diversa, de una capa de hojarasca más heterogénea, un mayor nivel de macronutrientes en el suelo y un incremento de los recursos a ser aprovechados por los mismos (Brévault *et al.*, 2007; Coimbra *et al.*, 2013; Pinzón *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2016; Masin *et al.*, 2017).

Los valores de las densidades promedio observadas en ambos sistemas son entre dos y tres veces menores a los registrados por diversos autores (Pashanasi, 2001 ; Cabrera Dávila y López Iborra, 2018), Pashanasi (2001) en dos localidades de la Amazonia Peruana, Yurimaguas y Pucallpa, estimó en el bosque primario densidades entre 382 y 853 individuos/m² y 362 a 574 individuos/m² en cultivos anuales. Por su parte, García *et al.* (2014) que analizaron cuatro sistemas diferentes en Cuba: cultivos varios, sistemas agroforestales, pastizales y fincas agropecuarias, obtuvieron una densidad promedio de la macrofauna total entre 38,9 y 347,7 individuos/m², principalmente en los cultivos varios (maíz, papa, calabaza) y sistemas agroforestales. Asimismo, Cabrera Dávila y López Iborra (2018) observaron densidades elevadas entre 749,2 y 1.298,5 individuos/m² en sitios de bosque siempreverde en el occidente de Cuba.

Con respecto a la composición funcional de la macrofauna del suelo también se alcanzaron valores generalmente más bajos al comparar con otras investigaciones. En las provincias Artemisa y Mayabeque en Cuba, estudiadas por Cabrera *et al.* (2011), se encontraron en bosques secundarios 701 individuos/m² de detritívoros, 96 individuos/m² de depredadores y 38 individuos/m² de herbívoros, y en cultivos varios 28 individuos/m² de detritívoros, 18 individuos/m² de depredadores y 36 individuos/m² de herbívoros. Otras investigaciones describen mayores poblaciones del grupo funcional de detritívoros en bosques de formación primaria y secundaria, de baja degradación, en sistemas agroforestales y en áreas con manejo agroecológico (76,8-2032,0 individuos/m²) con respecto a sistemas de cultivos y pastizales de Brasil, Colombia, Argentina y Nicaragua (11,2-1472 individuos/m²) (Coimbra *et al.*, 2013; Bautista *et al.*, 2013; Pinzón *et al.*, 2014; Gómez *et al.*, 2016; Masin *et al.*, 2017; Noguera-Talavera *et al.*, 2017).

3.3. Indicador biológico Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica

El resultado descrito con anterioridad sobre la reducción de toda la trama trófica en el cultivo con respecto al bosque como sistemas de uso estudiados, se evidencia en la Figura 3; la cual representa un índice que reúne todos los grupos funcionales en los que pudo ser agrupado la macrofauna total recolectada (Detritívoros y No Detritívoros: Depredadores, Herbívoros y Omnívoros).

El índice de Detritívoros/No Detritívoros refleja un valor próximo a 1 en el caso del bosque y por encima de 1 en el cultivo; no obstante, se observa poca diferencia entre organismos detritívoros y no detritívoros en ambos sistemas de uso. Principalmente para el bosque se constata un predominio de organismos no detritívoros sobre detritívoros (Figura 3), lo cual supone una inestabilidad en el medio edáfico en el momento del muestreo característica que podría ser propia de los climas secos y subhúmedos donde predomina la vegetación poco densa, xerofítica, espinosa, achaparrada (Aguirre et al. 2006) además del claro efecto del tipo de vegetación en cada sistema, a mayor variedad y cantidad de biomasa mayor cobertura del suelo y disponibilidad de alimento.

Ambos sistemas de uso de la tierra estudiados se encuentran en una región de clima desértico, con una precipitación media de solo 343 mm. Los organismos edáficos son altamente dependientes de la humedad en suelo, pero en especial el grupo funcional de detritívoros. Souza *et al.* (2016), Amazonas *et al.* (2018) y Cabrera-Mireles *et al.* (2019), mencionaron la importancia del clima sobre la temperatura y la humedad del suelo, influyendo ambos factores sobre las características de las comunidades de invertebrados terrestres. Murphy y Lugo (1986), Pennington *et al.* (2000) y Mayle (2004) citados por Espinosa *et al.* (2012) señalan que en los bosques secos tropicales la actividad biológica está fuertemente restringida por la disponibilidad de agua, por ende en época lluviosa es cuando se manifiesta toda su potencialidad productiva.

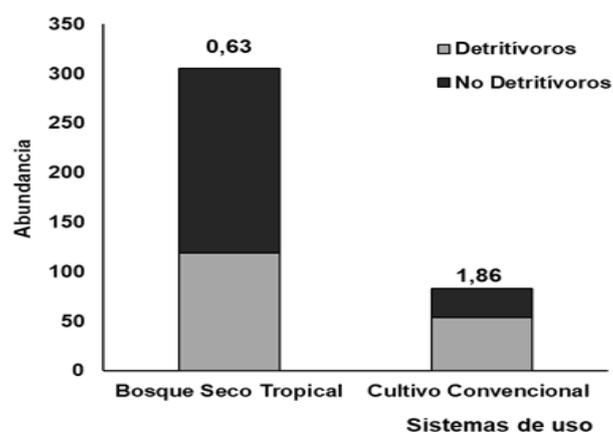


Figura 3. Indicador Detritívoros/No Detritívoros de la macrofauna edáfica en los sistemas de uso de la tierra estudiados en Manglaralto, Santa Elena, Ecuador. Números encima de las barras representan el valor del índice, como resultado de la división de la abundancia entre los diferentes grupos funcionales que integran el mismo.

Por otra parte, pudo existir influencia de otros atributos de los suelos estudiados, como el hecho que son suelos aluviales, que implican distribución irregular y bajo contenido de materia orgánica. Todos estos elementos pudieron contribuir con este resultado, ya que tales características no favorecen el adecuado establecimiento de las comunidades de individuos detritívoros. Los organismos descomponedores o detritívoros además de depender de la humedad del suelo, están fuertemente asociados a condiciones edáficas estables y de fertilidad, como son un alto contenido de materia orgánica, también determinada por el clima en condiciones no alteradas, baja densidad aparente o menor compactación y mayor contenido de nutrientes, fundamentalmente. En particular, la materia orgánica resulta importante ya que significa una fuente energética que estimula la actividad de estos invertebrados en el suelo (De la Rosa y Negrete-Yankelevich, 2012; Vasconcellos *et al.*, 2013; Pinzón *et al.*, 2014).

En el caso del sistema de cultivo, a pesar de la reducida comunidad de la macrofauna encontrada, se observó una mayor cantidad de individuos detritívoros sobre no detritívoros, lo que conllevó a un valor del índice más alto al obtenido en el bosque. Este resultado pudo estar en correspondencia con los cultivos sembrados (yuca, pepino, fréjol, maíz, cebolla) y su rotación en este sistema, así como por la modificación causada en el ambiente edáfico debido a la selectividad en la absorción y el aporte de nutrientes de los diferentes cultivos, a las excreciones radiculares y a la entrada de detritos y raíces en el medio, contribuyendo así a la presencia de un número más alto de individuos detritívoros, que se pudieron favorecer ante las condiciones mencionadas.

Este estudio manifestó un resultado contrario al obtenido en ecosistemas del trópico húmedo, donde este indicador de Detritívoros/No Detritívoros fue declarado a partir de la evaluación de varios sistemas de uso de la tierra con diferente grado de conservación/perturbación en Cuba. En dicha investigación se obtuvo un predominio de detritívoros sobre no detritívoros, con valores del índice muy cercanos o mayores que 1 en los ecosistemas más conservados, estables y con una mejor calidad del medio edáfico, y un resultado inverso de superioridad de individuos no detritívoros sobre detritívoros y valores del índice muy cercanos a 0 en aquellos sistemas con mayor perturbación y menor calidad del suelo, debido a una mayor intensidad de uso de la tierra (Cabrera Dávila *et al.*, 2017).

El resultado de este índice evidencia una inestabilidad del medio edáfico, que impidió un buen desarrollo de toda la trama trófica de la macrofauna, principalmente de los organismos detritívoros, o una característica intrínseca del ecosistema en las condiciones edafoclimáticas particulares de la región y el sitio de estudio.

Esta inestabilidad puede estar mayormente atribuida a que el muestreo de la macrofauna en este estudio se condujo a principios del período de lluvias, cuando al parecer todavía no eran óptimas las condiciones de humedad edáfica para el establecimiento de las comunidades de invertebrados del suelo. En este sentido, el estudio corrobora lo planteado en diversas investigaciones sobre la temática, referido a que el momento adecuado de muestreo de la macrofauna debe ser al final del período de lluvias, cuando se encuentran los niveles más altos de actividad de esta fauna (Huisling *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La ausencia de diferencias significativas de la macrofauna del suelo observada entre las fechas de muestreo al inicio del período lluvioso permite el análisis de ambos muestreos en conjunto. Los resultados sugieren como mejor momento de muestreo una etapa más avanzada o al final del período lluvioso.
- El estudio de la composición taxonómica de la macrofauna edáfica, sin antecedentes en Ecuador, revela un total de dos *phylum*, seis clases, catorce órdenes, treinta familias, veinte géneros y diez especies identificadas, para un sistema de cultivo de ciclo corto y un bosque seco tropical regenerado de Manglaralto.
- La riqueza taxonómica, la diversidad y la abundancia de la macrofauna total se encuentran mayormente afectadas en el sistema de cultivo con una mayor intensidad de laboreo, en relación con el bosque seco regenerado que ofrece mejor cobertura y protección sobre el suelo.
- La disminución sustancial de la densidad de detritívoros y del resto de la trama trófica en el cultivo con respecto al bosque, denota el efecto negativo de la intensidad del uso de la tierra sobre la macrofauna edáfica y sugiere el empleo de prácticas más ecológicas.
- La poca diferenciación entre los componentes del índice de calidad del suelo Detritívoros/No Detritívoros en ambos sistemas de uso, indica una inestabilidad en el medio edáfico en el momento del muestreo, dada por las condiciones edafo-climáticas particulares de la región y el sitio de estudio.

Recomendaciones

- Realizar réplicas a mayor escala, con más puntos de contraste y en diversas localidades, de manera que contribuyan a fortalecer la información base que se ha obtenido en el estudio. Siendo este el primer estudio de macrofauna edáfica en el perfil costero y la provincia de Santa Elena, se necesita explotar este nuevo campo investigativo y corroborar en diferentes ambientes de la región los indicadores ecológicos utilizados.
- Crear y alimentar constantemente una base de datos de macrofauna edáfica, que permita el acceso libre a estudiantes y docentes en el desarrollo de las actividades académicas o como objeto de aprendizaje complementario y en futuras investigaciones, en áreas de estudios edafológicos, agroecológicos, de conservación y otras relacionadas.
- Ampliar los estudios a la mesofauna edáfica por ser un componente imprescindible en el funcionamiento biológico del suelo.

Se recomienda que, para la realización del muestreo, el personal inmerso en la investigación de campo debe estar capacitado y relacionado con la información a tratar, de igual forma, se necesita de equipos y herramientas específicas para suelos y materiales que permitan el correcto transporte y conservación de la fauna recolectada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso, M. Á. (2015). *Orden Coleoptera*, pp. 1–18. Available at: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_55.pdf].

Amat, J. (2016). *RPubs - Kruskal-Wallis test*. Available at: https://rpubs.com/Joaquin_AR/219504. Consultado: [26 September del 2019).

Amazonas NT, RAG Viani, MGA Rego, FF Camargo, RT Fujihara, OA Valsechi. (2018). *Soil macrofauna density and diversity across a cronosequence of tropical forest restoration in Southeastern Brazil, Brazilian Journal of Biology*, 78(3), pp 449-456.

Anderson JM, JSI Ingram. (1993). *Tropical soil biology and fertility*. A handbook of methods. Wallingford, UK. CAB International, pp: 221.

Araújo VFP, AG Bandeira, A Vasconcellos. (2010). *Abundance and stratification of soil macroarthropods in a Caatinga Forest in Northeast Brazil, Brazilian Journal of Biology* 70 (3 supl.), pp: 737-746.

Ayuke, FO. (2010). *Soil macrofauna functional groups and their effects on soil structure, as related to agricultural management practices across agroecological zones of Sub-Saharan Africa*. Tesis de doctorado. Alemania. Wageningen University.

Bao-Ming GE, L Zhen-Xing, Z Dai-Zhen, Z HuaBin, L Zong-Tang, Z Chun-Lin, T Bo-Ping. (2012). *Communities of soil macrofauna in green spaces of an urbanizing city at east China. Revista Chilena de Historia Natural*, 85(2), pp: 219-226.

Bautista F, C Díaz-Castelazo, M García-Robles. (2009). *Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on Leptosols from karstic zones, Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10, pp: 185-197.

Bautista EH, JC Suárez. (2013). *Fauna del suelo y hojarasca en arreglos forestales de la Amazonia Colombiana, Momentos de Ciencia*, 10(1), pp: 59-66.

Bandeira, A. *et al.* (2003). *Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a highland humid forest in the Caatinga Domain, Brazil, Sociobiology*, 42, pp. 117–127.

Bar, M. (2010). *Orden Orthoptera*. Available at: [<http://exa.unne.edu.ar/biologia/artropodos/Orden%20Orthoptera.pdf>].

Barros, E. *et al.* (2002). *Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia*, *Biology and Fertility of Soils*, 35(5), pp. 338–347.

Barros E, B Pashanasi, R Constantino, P Lavelle. (2002). *Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia*. *Biology and Fertility of Soils*, 35(5), pp: 338-347.

Brévault T, S Bikay, JM Maldes, K Naudin. (2007). *Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system*. *Soil & Tillage Research*, 97, pp: 140-149.

Bignell, D. E. (2006). *Termites as Soil Engineers and Soil Processors, Intestinal Microorganisms of Termites and Other Invertebrates*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Soil Biology), pp: 183–220.

Botina B, A Velásquez, T Bacca, J Castillo, L Dias. (2012). *Evaluación de la macrofauna del suelo en Solanum tuberosum (Solanales: Solanaceae) con sistemas de labranza tradicional y mínima*. *Boletín Científico Museo Historia Natural*, 16 (2), pp: 69-77.

Brown, G. G. *et al.* (2001). *Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos*, pp: 34. Available at: [<http://www.redalyc.org/pdf/575/57500006>]. Consultado: [27 Septiembre del 2018].

Cabrera Dávila, G. de la C. and López Iborra, G. M. (2018). *Caracterización ecológica de la macrofauna edáfica en dos sitios de bosque siempreverde en El Salón, Sierra del Rosario, Cuba, Bosque (Valdivia)*, 39(3), pp: 363–373.

Cabrera, G. (2012). *La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo*. *Pastos y Forrajes*, 35(4), pp: 349–363. Available at: [<http://www.redalyc.org/pdf/2691/269125514007.pdf>].

Cabrera, G., Robaina, N. and Ponce de León, D. (2011). *Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y*

Mayabeque, Cuba, 34(3), pp: 331–346. Available at: [<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v34n3/pyf08311.pdf>].

Cabrera-Dávila, G. *et al.* (2017). *Evaluación de la macrofauna como indicador del estado de salud en siete sistemas de uso de la tierra*, en Cuba, *Pastos y Forrajes*, pp: 118–126. Available at: [<http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v40n2/pyf05217.pdf>].

Chanatásig-Vaca CI, E Huerta, P Rojas, A Ponce-Mendoza, J Mendoza, A Morón, H van der Wal, BB Dzib-Castillo. (2011). *Efecto del uso de suelo en las hormigas (Formicidae: Hymenoptera) de Tikinmul, Campeche, México. Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 27(2), pp: 441-461.

Coimbra CM, E Forestieri, MK Silva, AC Gama-Rodrigues. (2013). *Meso- and macrofauna in the soil and litter of leguminous trees in a degraded pasture in Brazil. Agroforestry Systems*, 87, pp: 993-1004.

De la Rosa N, S Negrete-Yankelevich., 2012. Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 201-215.

Durán EH, JC Suárez. (2013). *Fauna del suelo y hojarasca en arreglos agroforestales de la Amazonia Colombiana. Momentos de Ciencia*, 10(1), pp: 59-66.

Espinosa, C. *et al.* (2012). *Bosques tropicales secos de la región Pacífico Ecuatorial: diversidad, estructura, funcionamiento e implicaciones para la conservación*, 21, 1, pp: 167–179. Available at: [<https://core.ac.uk/download/pdf/16374398.pdf>].

García, E. *et al.* (2015). *Orden Lepidoptera, Revista IDE@ - SEA*, 65, pp: 1–21.

García, L. (2015). *Orden Isopoda: Suborden Oniscidea*, (78), pp: 1–12. Available at: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_78.pdf].

García, Y., Ramírez, W. and Sánchez, S. (2014). *Efecto de diferentes usos de la tierra en la composición y la abundancia de la macrofauna edáfica, en la provincia de Matanzas, Pastos y Forrajes. EEPFIH 2007*, 37(3), pp: 313–321.

Germán, F. (2011). *Guía para la determinación de las familias de ciempiés (Myriapoda: Chilopoda) de México*, 36(11). Available at: [<https://www.interciencia.net/wp-content/uploads/2018/01/853-c-CUPUL-7.pdf>].

Gómez DF, MC Godoy, JM Coronel. (2016). *Macrofauna edáfica en ecosistemas naturales y agroecosistemas de la Ecoregión Esteros del Iberá (Corrientes, Argentina)*. *Ciencias del Suelo (Argentina)*, 34(1), pp: 43-56.

Granados A, JI Barrera. (2007). *Efecto de la aplicación de biosólidos sobre el repoblamiento de la macrofauna edáfica en la cantera Soratama, Bogotá, DC*. *Universitas Scientiarum, Revista de la Facultad de Ciencias, Edición especial II* 12, pp: 73-84.

Herrera, L. (2015). *Orden Dermaptera*, *Revista IDE@ - SEA*, (42), pp: 1–10. Available at: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_42.pdf].

Huerta, E. *et al.* (2008). *Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados*, 26(2), pp: 171–181. Available at: [<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n2/v26n2a10.pdf>].

Huerta E, C Kampichler, V Geissen, S Ochoa, B de Jong, S Hernández. (2009). *Towards an ecological index for tropical soil quality based on soil macrofauna*, *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 44(8), pp: 1056-1062.

Lavelle, P. *et al.* (1994). *The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility*, in *The biological management of tropical soil fertility*. Chichester: Wiley, pp: 137–169. Available at: [<https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/27055>].

Lavelle, P. (1997). *Faunal Activities and Soil Processes: Adaptive Strategies That Determine Ecosystem Function*, in Begon, M. and Fitter, A. H. (eds) *Advances in Ecological Research*, Academic Press, pp: 93–132.

Lavelle P, I Barois, E Blanchart, GG Brown, L Brussaard, T Decaens, C Frago, JJ Jiménez, K Kajondo, MA Martínez, A Moreno, B Pashanasi, B Senapati, C Villenave. (1998). *Las lombrices como recurso en los agrosistemas tropicales*, *Naturaleza y Recursos*, 34(1), pp: 28- 44.

Lavelle, P., Senapati, B. and Barros, E. (2003). *Soil macrofauna*, in *Trees, Crops, and Soil Fertility: Concepts and Research Methods*. CABI, pp: 456.

Lavelle P, N Rodríguez, O Arguello, J Bernal, C Botero, P Chaparro, Y Gómez, A Gutiérrez, M Hurtado, S Loaiza, SX Pullido, E Rodríguez, C Sanabria, E Velásquez, SJ Fonte. (2014). *Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 185, pp: 106-117.

Lietti M, JC Gamundi, G Montero, A Molinari, V Bulacio. (2008). *Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo*, *Ecología Austral*, 18, pp: 71-87.

Marichal R, M Grimaldi, A Feijoo, J Oszwald, C Praxedeses, D Ruiz, M Hurtado, T Desjardins, ML da Silva, L Gonzaga, I Souza, M Nascimento, GG Brown, S Tsélouiko, M Bonifacio, T Decaëns, E Velásquez, P Lavelle. (2014). *Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in deforested landscapes of Amazonia*, *Applied Soil Ecology*, 83, pp: 177-185.

Masin CE, MS Cruz, AR Rodríguez, MJ Demonte, LA Vuizot, MI Maitre, JL Godoy, MS Almada. (2017). *Macrofauna edáfica asociada a diferentes ambientes de un vivero forestal (Santa Fe, Argentina)*, *Ciencia del Suelo, (Argentina)*, 35(1), pp: 21-33.

Masters, G. J. (2008). *Belowground Herbivores and Ecosystem Processes, Insects and Ecosystem Function*, pp: 93–112.

McGeoch, M. A., Rensburg, B. J. V. and Botes, A. (2002). *The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem*, *Journal of Applied Ecology*, 39(4), pp: 661–672.

Mendoza, G. and Edgardo, A. (2015). *La suficiencia taxonómica como herramienta para el monitoreo de artrópodos epigeos: una primera aproximación en el desierto costero peruano*, *Ecología Aplicada*, 14(2), pp: 147–156.

Montenegro, A. del C. E., Filella, J. B. and Valdivia, N. A. G. (2017). *Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y*

bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua, Revista Científica de FAREM-Estelí, (22), pp. 39–49.

Moore, J. C. *et al.* (2004). *Detritus, trophic dynamics and biodiversity*, *Ecology Letters*, 7(7), pp: 584–600.

Naranjo, E. (2014). *Biodiversidad de moluscos terrestres en México*, (85), pp: 431–440.

Noguera-Talavera A, N Reyes-Sánchez, B Mendieta-Araica, M Salgado-Duarte. (2017). *Macrofauna edáfica como indicador de conversión agroecológica de un sistema productivo de Moringa oleífera Lam, Nicaragua, Pastos y Forrajes*, 40(4), pp: 265-275.

Otzen, T. and Manterola, C. (2017). *Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio*, 35, 1, pp: 227-232. Available at: [<https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>].

Pashanasi, B. (2001). *Vista de estudio cuantitativo de la macrofauna de suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana*. Available at: [<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foliaamazonica/article/view/126/189>]

Pauli, N. *et al.* (2016). *Farmers' knowledge and use of soil fauna in agriculture: a worldwide review*, *Ecology and Society*, 21(3).

Pauli N, E Barrios, AJ Conacher, T Oberthür. (2011). *Soil macrofauna in agricultural landscapes dominated by the Quesungual Slash-and-Mulch Agroforestry System, western Honduras*, *Applied Soil Ecology*, 47, pp: 119-132.

Pereira JM, JC Segat, D Baretta, R Leandro, RLF Vasconcellos, CRDM Baretta, EJB Nogueira Cardoso. (2017). *Soil Macrofauna as a Soil Quality Indicator in Native and replanted Araucaria angustifolia Forests*, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 41, pp: 1-15.

Pincay, H. and Eduardo, G. (2015). *Evaluación de láminas de riego en el rendimiento del cultivo de sandía (Citrullus lanatus T.) híbrido royal charleston en la parroquia*

Manglaralto, provincia de Santa Elena. Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2235>.

Pinzón S, GX Rousseau, A Rocha, D Celentano, ML Correa, H Braun. (2014). *La macrofauna del suelo como indicadora de degradación de bosques ribereños en la amazonia oriental brasilera*, *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 114(1), pp: 49-60.

Pozo, C. and Domingo, S. (2015). *Contribución al uso y manejo sostenible de los suelos en la finca Ramírez de la comuna Bambil Deshecho de la parroquia Colonche provincia de Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2735>.

Proaño, J. and Briones, C. (2008). *Gestión de riego y la salinidad en los cultivos de la península de Santa Elena y la cuenca baja del Río Guayas*. Available at: [<http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/5.-Jaime-Proano.-Riego.pdf>].

Rosa, I. N. D. la and Negrete-Yankelevich, S. (2012). *Distribución espacial de la macrofauna edáfica en bosque mesófilo, bosque secundario y pastizal en la reserva La Cortadura, Coatepec, Veracruz, México*, *Revista mexicana de biodiversidad*. Instituto de Biología, UNAM, 83(1), pp: 201–215.

Rowland, S. (1999). *Los Ciempies y Milpies, con énfasis en la fauna de América del Norte*. Mundos Subterráneos UMAE. Available at: [<https://www.emporia.edu/dotAsset/574a9dd2-0ec6-45f0-b610-32dfe5889556.pdf>].

Rousseau GX, PR dos Santos, CJ Reis. (2010). *Earthworms, ants and other arthropods as soil health indicators in traditional and no-fire agro-ecosystems from eastern Brazilian Amazonia*, *Acta Zoológica Mexicana*, (n.s) 2, pp: 117-134.

Rousseau L, SJ Fonte, OTéllez, R van der Hoekc, P Lavelle. (2013). *Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua*, *Ecological Indicators*, 27, pp: 71-82.

Ruiz N, J Mathieu, L Célini, C Rollard, G Hommay, E Iorio, P Lavelle. (2011). *A synthetic index of soil quality based on soil macro-invertebrate communities*, *Soil Biology & Biochemistry*, 43, pp: 2032-2045.

Sánchez, S. and Reinés, M. (2001). *Vista de Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos*, 24(3). Available at: [<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=896&path%5B%5D=398>].

Silva RA, GM Siqueira, MK Lima, O Guedes, ÊF de França. (2018). *Spatial Variability of Soil Fauna Under Different Land Use and Managements*, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*.

Suárez JC, EH Bautista, G Rosas. (2015). *Macrofauna edáfica asociada con sistemas agroforestales en la Amazonía Colombiana*, *Acta Agronómica*, 64(3), pp: 214-220.

Souza ST, PC Cassol, D Baretta, MLC Bartz, O Klauberg, AL Mafra, M Gonçalves. (2016). *Abundance and diversity of soil macrofauna in native forest, eucalyptus plantations, perennial pasture, integrated crop-livestock, and no-tillage cropping*, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40, pp: 1-13.

Tapia, S. *et al.* (2016). *Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento*, *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, pp: 260–267.

Tapia-Coral SC, LA Teixeira, E Velásquez, F Waldez. (2016). *Macroinvertebrados del suelo y sus aportes a los servicios ecosistémicos, una visión de su importancia y comportamiento*, *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 8(Supl), pp: 260-267

Tomalá, C. and Mariela, M. (2019). *Capacidad de uso de las tierras del centro de producción y prácticas Río Verde*. Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2019. Available at: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/4806>.

Urgorri, V. *et al.* (2017). *Filo Mollusca, Clase Gastropoda*, pp: 277–300.

Velásquez E, P Lavelle, M Andrade. (2007). *GISQ, a multifunctional indicator of soil quality*. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 3066-3080.

Wardle, D. A. and Bardgett, R. D. (2008). *Indirect Effects of Invertebrate Herbivory on the Decomposer Subsystem, Insects and Ecosystem Function*, pp. 53–69.

Zaragoza, J. (2015). *Orden Pseudoscorpiones*, Revista IDE@-SEA (20), pp: 1–10.
Available at: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_20.pdf].

Zerbino, M. *et al.* (2008). *Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo*, *Agrociencia*, 1, pp: 44–55.

ANEXOS



Imagen A 1. Sistema 1. Cultivo de ciclo corto



Imagen A 2. Sistema 2. Bosque seco tropical



Imagen A 3. Selección y preparación del monolito a muestrear



Imagen A 5. Extracción de la tierra del monolito al plástico tendido



Imagen A 6. Extracción manual de la macrofauna de suelo



Imagen A 7. . Extracción manual de la macrofauna de suelo



Imagen A 9. Muestra de suelo tomada para determinar su humedad en laboratorio



Imagen A 10. Macrofauna recolectada en frascos colectores



Imagen A 11. Muestras etiquetadas y clasificadas en laboratorio



Imagen A 12. Observación de cada una de las muestras en el estereoscopio

GALERÍA

ESCARABAJOS



Orden: Coleóptera
Familia: Staphylinidae
Género: Rybaxis
Especie: R. mystica



Orden: Coleóptera
Familia: Chrysomelidae
Género: Chrysolina



Orden: Coleoptera
Familia: Dermestidae



Orden: Coleoptera
Familia: Mycetophagidae



Orden: Coleóptera
Familia: Staphylinidae
Género: Stenus
Especie: S. cicindeloides



Orden: Coleóptera
Familia: Anthicidae



Orden: Coleóptera
Familia: Tenebrionidae



Orden: Coleóptera
Familia: Scarabaeidae
Género: Canthon



Larva
Orden: Coleóptera
Familia: Scarabaeidae
Género: Phyllophaga
Especie: P. sp

HORMIGAS



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Género: Lasius
Especie: L. niger



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Género: Wasmannia
Especie: W. auropunctata



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Género: Monomorium
Especie: M. minimum



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Subfamilia: Myrmicinae
Género: Acromyrmex



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Género: Forelius



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Subfamilia: Myrmicinae
Género: Crematogaster



Orden: Hymenoptera
Familia: Formicidae
Subfamilia: Formicinae
Género: Brachymyrmex

CIEMPÍES



Orden: Scolopendromorpha
Familia: Scolopendridae



Clase: Chilopoda
Orden: Geopilomorpha
Familia: Geophilidae
Género: Geophilus
Especie: Geophylus
carpophagus



Clase: Chilopoda
Orden: Geophilomorpha
Familia: Geophilidae

MILPÍES



Clase: Diplopoda
Orden: Polyxenida
Familia: Lophoproctidae



Clase: Diplopoda
Orden: Polydesmida
Familia: Paradoxosomatidae

ORUGAS



Clase: Insecta
Orden: Lepidoptera

LOMBRICES



Clase: Clitellata
Subclase: Oligochaeta
Orden: Haplotaxida

CHINCHES



Orden: Hemiptera
Familia: Lygaeidae



Orden: Hemiptera
Familia: Lygaeidae



Orden: Hemiptera
Familia: Miridae

ARAÑAS



Orden: Araneae
Familia: Corinnidae



Orden: Araneae
Familia: Clubionidae



Orden: Araneae
Familia: Lycosidae

COCHINILLAS



Clase: Malacostraca
Orden: Isopoda
Familia: Armadillidae
Género: Armadillidium
Especie: A. vulgare

TERMITAS



Clase: Insecta
Orden: Isoptera
Familia: Termitidae

CUCARACHAS



Superorden: Dictyoptera
Orden: Blattodea
Familia: Blaberidae
Especie: Pycnoscelus
surinamensis



Orden: Blattodea
Familia: Blattidae



Superorden: Dictyoptera
Orden: Blattodea
Familia: Blattellidae



Superorden: Dictyoptera
Orden: Blattodea
Familia: Blattellidae



Superorden: Dictyoptera
Orden: Blattodea
Familia: Blattidae



Superorden: Dictyoptera
Orden: Blattodea
Familia: Blattidae

GRILLOS



Orden: Orthoptera
Familia: Gryllidae
Especie: Acheta domesticus

AVISPAS



Orden: Hymenoptera
Familia: Braconidae

Familias	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Lombrices																		
Haplotaxida	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	7	0	2	0	13	0,813
Cochinillas																		
Armadillidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Ciempíes																		
Geophilidae	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0,313
Cucarachas																		
Blattidae	0	0	0	2	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	2	0	13	0,813
Blaberidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0,188
Blattellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	2	0,125
Escarabajos																		
Mycetophagidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Staphylinidae	2	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	5	0,313
Chrysolina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Scarabaeidae larvas	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	1	0	6	0,375
Dermestidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Scarabaeidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Anthicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,063
Chinches-Hemiptera																		
Lygaeidae	0	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,375
Hormigas																		
Formicidae	26	7	1	3	0	1	9	6	9	3	5	10	5	5	0	9	99	6,188
Termitas																		
Termitidae	6	47	10	0	0	7	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	87	5,438
Lepidoptera-orugas																		
Oruga	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Arañas																		
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	3	0	3	1	0	0	0	0	0	0	7	0,438
Lycosidae	0	0	0	0	0	0	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0,375
Clubionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	0	0	4	0,250
Gnaphosidae	0	0	3	15	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1,250
Grillos-saltamontes																		
Gryllidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0,125
Avispas parasitoides																		
Braconidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	1,250
Total Macrofauna	34	57	15	21	3	8	25	18	43	5	8	10	16	7	6	29	305	19,063

Tabla A 1. Abundancia 16 monolitos. Sistema bosque (A)

Familias	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Lombrices																		
Haplotaxida	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,250
Cochinillas																		
Platyarthridae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Milpiés																		
Scolopendridae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Paradoxosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,063
Ciempíes																		
Geophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,125
Lophoproctidae	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0,438
Escarabajos																		
Tenebrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,063
Elateridae larvas	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Dermeestidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Chinches-Hemiptera																		
Miridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,063
Hormigas																		
Formicidae	2	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	5	1	0	3	0	16	1,000
Termitas																		
Termitidae	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40	2,500
Lepidoptera-orugas																		
Oruga	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Arañas																		
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,063
Lycosidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Segestriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,063
Liocranidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,063
Oonopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Grillos-saltamontes																		
Gryllidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,063
Total Macrofauna	43	1	1	0	3	12	5	0	1	0	1	9	1	1	3	2	83	5,188

Tabla A 2. Abundancia 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)

Familias	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Lombrices																		
Haplotaxida	0	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	0	112	0	32	0	208	13
Cochinillas																		
Armadillidae	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Ciempíes																		
Geophilidae	0	16	0	0	16	0	0	32	0	0	0	0	16	0	0	0	80	5
Cucarachas																		
Blattidae	0	0	0	32	0	0	128	0	16	0	0	0	0	0	32	0	208	13
Blaberidae	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	48	3
Blattellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	32	2
Escarabajos																		
Mycetophagidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Staphylinidae	32	0	0	16	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	80	5
Chrysolina	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Scarabaeidae larvas	0	32	0	0	0	0	0	16	0	0	32	0	0	0	16	0	96	6
Dermeestidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Scarabaeidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Anthiciidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	1
Chinches-Hemiptera																		
Lygaeidae	0	0	0	0	16	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	96	6
Hormigas																		
Formicidae	416	112	16	48	0	16	144	96	144	48	80	160	80	80	0	144	1584	99
Termitas																		
Termitidae	96	752	160	0	0	112	0	0	272	0	0	0	0	0	0	0	1392	87
Lepidoptera-orugas																		
Oruga	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Arañas																		
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	48	0	48	16	0	0	0	0	0	0	112	7
Lycosidae	0	0	0	0	0	0	32	48	0	0	16	0	0	0	0	0	96	6
Clubionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	16	16	0	0	64	4
Gnaphosidae	0	0	48	240	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	20
Grillos-saltamontes																		
Gryllidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	32	2
Avispas parasitoides																		
Braconidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	320	20
Total Macrofauna	544	912	225	336	48	128	400	288	688	80	128	160	256	112	96	464	4865	304,063

Tabla A 3. Densidad 16 monolitos. Sistema bosque (A)

Familias	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Lombrices																		
Haplotaxida	0	0	0	0	0	16	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	4
Cochinillas																		
Platyarthridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Milpiés	0	0	0	0	0	0	16	0										2
Scolopendridae									0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paradoxosomatidae	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	32	2
Ciempíes																		
Geophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	2
Lophoproctidae	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	7
Escarabajos																		
Tenebrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1
Elateridae larvas	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Dermestidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Chinches-Hemiptera																		
Miridae	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	32	2
Hormigas																		
Formicidae	32	0	0	0	0	64	16	0	0	0	0	80	16	0	48	0	256	16
Termitas																		
Termitidae	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	40
Lepidoptera-orugas																		
Lepidoptera-orugas	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Arañas																		
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1
Lycosidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Segestriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1
Liocranidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	32	2
Oonopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Grillos-saltamontes																		
Gryllidae	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1
Total Macrofauna	688	32	16	0	64	192	80	0	16	0	16	144	16	16	48	32	1360	85

Tabla A 4. Densidad 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)

Familias/grupos funcionales	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Detritívoros																		
Termitidae	96	752	160	0	0	112	0	0	272	0	0	0	0	0	0	0	1392	87,00
Haplotaxida	0	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	0	112	0	32	0	208	13,00
Armadillidae	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Total Detritívoros	96	752	160	0	0	112	0	16	320	16	0	0	112	0	32	0	1616	33,67
Depredadores																		
Geophilidae	0	16	0	0	16	0	0	32	0	0	0	0	16	0	0	0	80	5,00
Staphylinidae	32	0	0	1	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	65	4,06
Gnaphosidae	0	0	48	240	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	20,00
Lycosidae	0	0	0	0	0	0	32	48	0	0	16	0	0	0	0	0	96	6,00
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	3	0	48	16	0	0	0	0	0	0	67	4,19
Clubionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	16	16	0	0	64	4,00
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	48	16	0	0	0	0	0	0	64	4,00
Braconidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	320	320	20,00
Total Depredadores	32	16	48	241	16	0	67	80	160	32	16	0	32	16	0	320	1076	8,41
Herbívoros																		
Lepidoptera-orugas	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Scarabaeidae larvas	0	32	0	0	0	0	0	16	0	0	32	0	0	0	16	0	96	6,00
Chrysomelidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Lygaeidae	0	0	0	0	16	0	0	80	0	0	0	0	0	0	0	0	96	6,00
Formicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16	1,00
Mycetophagidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Dermestidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Gryllidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	32	2,00
Total Herbívoros	0	32	0	0	32	0	16	96	32	0	32	0	0	32	32	0	304	2,38
Omnívoros																		
Formicidae	416	112	16	48	0	16	144	96	144	48	80	160	80	80	0	144	1584	99,00
Scarabaeidae	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Blaberidae	0	0	0	32	0	0	128	0	48	0	0	0	0	0	0	0	208	13,00
Blattidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	32	0	48	3,00
Blattellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	0	0	0	32	2,00
Anthicidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	16	1,00
Gryllidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	16	0	32	2,00
Total Omnívoros	416	112	32	80	0	16	272	96	224	48	80	160	112	96	48	144	1936	17,29

Tabla A 5. Indicadores 16 monolitos. Sistema bosque (A)

Familias/grupos funcionales	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	Total	Media
Detritívoros																		
Termitidae	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640	40,00
Platyarthridae	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Haplotaxida	0	0	0	0	0	16	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	4,00
Scolopendridae	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Lophoproctidae	0	0	0	0	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	112	7,00
Tenebrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1,00
Paradoxosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16	1,00
Total Detritívoros	640	0	16	0	0	128	64	0	0	0	0	16	0	16	0	0	880	7,86
Depredadores																		
Dermestidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Lycosidae	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Geophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	32	2,00
Corinnidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1,00
Segestriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1,00
Liocranidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	16	1,00
Oonopidae	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Total Depredadores	0	0	0	0	32	0	0	0	16	0	0	48	0	0	0	32	128	1,14
Herbívoros																		
Lepidoptera-orugas	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Elateridae larvas	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Miridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	16	1,00
Total Herbívoros	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	48	1,00
Omnívoros																		
Formicidae	32	0	0	0	0	64	16	0	0	0	0	80	16	0	48	0	256	16,00
Gryllidae	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1,00
Total Omnívoros	48	0	0	0	0	64	16	0	0	0	0	80	16	0	48	0	272	8,50

Tabla A 6. Indicadores 16 monolitos. Sistema cultivos de ciclo corto (B)