

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**DE INGENIERO (A) AMBIENTAL**

**TEMA:**

“INFLUENCIA DE LOS INSECTOS HOLOMETÁBOLOS Y  
LAS FAMILIAS DEL ORDEN COLEÓPTERA COMO  
BIOINDICADORES DE UN PROCESO DE RESTAURACIÓN  
FORESTAL CON ENMIENDAS DE BIOCARBÓN EN EL  
CIPCA”

**AUTOR:**

MARCIA ALEXANDRA VACA VÁSCONEZ

**DIRECTOR:**

MSc. PEDRO DAMIÁN RÍOS GUAYASAMÍN

**PUYO-ECUADOR**

2019



## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer en primer lugar a Jehová Dios quien me ha brindado el maravilloso regalo de la vida, y me ha dado la fuerza para cumplir mis anhelos.

A mi madre por ser mi apoyo y mi guía en los momentos difíciles, por enseñarme a ser una mujer humilde y responsable en todas las facetas de mi vida, a mi familia.

A todos quienes han sido mis maestros y han sabido compartir su conocimiento con mucha paciencia y amor a lo que hacen.

A mis compañeros más cercanos y a mi mejor amiga, quienes han sido un apoyo en todos estos años de estudio

A mi tutor de proyecto Ing. Pedro Ríos Guayasamín, por sus enseñanzas apoyo y ayuda que me ha brindado durante la realización del presente trabajo de investigación.

*Marcia Alexandra Vaca*

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi madre que ha sido el ser de luz que siempre ha iluminado mis días, me ha brindado su apoyo y ha sabido sacarme adelante y rodearme de buenos principios, enseñándome a ser una mujer transparente y perseverante.

A mis queridos hermanos

A mi familia y amigos por el apoyo constante.

*Marcia Alexandra Vaca*

## **RESUMEN:**

Los insectos holometábolos abarcan organismos que han pasado por sus estados larvarios de entre ellos la orden coleóptera que es sumamente diverso son la base de las cadenas tróficas en el medio edáfico. El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar a los insectos holometábolos y las familias del orden Coleóptera como bioindicadores de un proceso de restauración forestal con enmiendas de biocarbón, se realizó en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA) en las parcelas permanentes de cultivos silvícolas enriquecidas con *Myroxylon balsamum* y *Ocotea quixos* con aplicaciones de dos tipos de enmienda: Biocarbón manufacturado (B1), Biocarbón artesanal (B2) y una fase de control (C). En el trabajo de campo se colocaron un total de 360 trampas de caída (Pitfall). Se clasificaron los organismos colectados por órdenes, y se identificaron familias. De esto se lograron extraer un total de 3 órdenes de organismos holometábolos: Díptera, Coleóptera y Lepidóptera. El orden Díptera fue el más abundante de entre ellos representando el 74.5% del total. Seguido por el orden Coleóptera con 19 familias identificadas y de ellas algunos géneros como *Palaminus* sp. (Staphylinidae), *Gynandrobrotica* sp (Chrysomelidae), *Deltochilum* sp (Scarabaeidae), *Megatarsis* sp (Scarabaeidae). En los análisis multivariados los factores más significativos fueron el tiempo (LRT=127.31, P=0.001) y la estación (LRT=68.81, P=0.001). Dentro de los factores más significativos las familias representativas fueron Curculionidae, Nitidulidae, Chrysomelidae, Ptiliidae y Staphylinidae.

**Palabras clave:** Holometábola, coleóptera, efecto, estacionalidad, enmienda.

## **SUMMARY:**

The holometabolous insects include organisms that have passed through their larval stages, among them the coleoptera order, which are extremely diverse in the basis of the trophic chains in the edaphic environment. The objective of this work was to characterize holometabolous insects and families of the Coleoptera order as bioindicators of a forest restoration process with biochar amendments, it was carried out at the Center for Postgraduate Research and Conservation of the Amazon (CIPCA) in the permanent crop plots Forests enriched with *Myroxylon balsamum* and *Ocotea quixos* with applications of two types of amendment: Manufactured biochar (B1), Artisan biochar (B2) and a control phase (C). In the fieldwork a total of 360 pitfall traps were placed (Pitfall). The organisms collected were classified by orders, and families were identified. From this, a total of 3 orders of holometabolous organisms were extracted: Diptera, Coleoptera and Lepidoptera. The order Díptera was the most abundant among them representing 74.5% of the total. Followed by the Coleoptera order with 19 identified families and of them some genera such as *Palaminus* sp. (Staphylinidae), *Gynandrobrotica* sp (Chrysomelidae), *Deltochilum* sp (Scarabaeidae), *Megatarsis* sp (Scarabaeidae). In multivariate analyzes, the most significant factors were time (LRT = 127.31, P = 0.001) and season (LRT = 68.81, P = 0.001). Among the most significant factors, the representative families were Curculionidae, Nitidulidae, Chrysomelidae, Ptiliidae and Staphylinidae.

**Key words:** Holometábola, coleopterous, effect, seasonal nature, amendment.

## **TABLA DE CONTENIDO**

<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INTRODUCCIÓN:.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1 JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4 OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.1 GENERAL .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4.2 ESPECÍFICOS .....</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>6</b>
2.1.1 EL SISTEMA SUELO .....	6
2.2.2 CARBONO EN EL SUELO .....	8
2.2.3 BIOTA DEL SUELO .....	10
2.2.4 BIOTURBADORES .....	10
2.2.5 MACROFAUNA EDÁFICA .....	11
2.2.6 METAMORFOSIS HOLOMETÁBOLA .....	12
2.2.7 COLEOPTEROS.....	12
2.2.8 GRUPOS FUNCIONALES DE LOS COLEOPTEROS .....	12
2.2.9 COLEOPTEROS Y SU FUNCIÓN ECOLÓGICA.....	16
2.2.10 PLANTACIONES FORESTALES NO MADERABLES .....	17
2.2.11 TECNICAS DE MUESTREO DE INVERTEBRADOS.....	20
<b>CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 LOCALIZACIÓN.....</b>	<b>21</b>
<b>3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 METODO DE INVESTIGACION.....</b>	<b>22</b>
3.4.1 FASE DE CAMPO .....	22
3.4.2 FASE DE LABORATORIO .....	26
3.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	27
<b>CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1 ANÁLISIS DE ÓRDENES DE INSECTOS HOLOMETÁBOLOS ENCONTRADOS .....</b>	<b>28</b>

4.1.1 Análisis de abundancia en ordenes de insectos holometábolos en dos años de muestreo “Tiempo” .....	28
4.1.2 Análisis de abundancia en ordenes de insectos holometábolos en un año de muestreo “Estacionalidad” .....	31
<b>4.2 ANÁLISIS DE FAMILIAS DEL ORDEN COLEÓPTERA IDENTIFICADAS</b> .....	<b>35</b>
4.2.1 Análisis de abundancia en familias de Coleóptera en “Tiempo” .....	35
4.2.2 Análisis de abundancia en familias de Coleóptera en “Estacionalidad” .....	41
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES:</b> .....	<b>47</b>
<b>RECOMENDACIONES:</b> .....	<b>48</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA:</b> .....	<b>49</b>
<b>ANEXOS:</b> .....	<b>55</b>

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Plan corporal de un escarabajo típico .....	13
<b>Figura 2.</b> Principales gremios de escarabajos coprófagos.....	16
<b>Figura 3.</b> Formas de socios forestales.....	18
<b>Figura 4.</b> Ubicación del área de estudio, CIPCA y sitios de muestreo (PA y PB).....	21
<b>Figura 5.</b> Sitios para la colocación de trampas Pitfall para invertebrados .....	24
<b>Figura 6.</b> Trampas de caída Pitfall para invertebrados .....	25
<b>Figura 7.</b> Análisis de abundancia de ordenes en dos años de muestreo “Tiempo” .....	28
<b>Figura 8.</b> Abundancia de ordenes por factor tiempo .....	29
<b>Figura 9.</b> Abundancia de ordenes por factor enmienda en el tiempo .....	30
<b>Figura 10.</b> Abundancia de ordenes por factor suelo en el tiempo .....	30
<b>Figura 11.</b> Abundancia ordenes por factor arboles en el tiempo.....	31
<b>Figura 12.</b> Análisis de abundancia de ordenes en un año de muestreo “Estacionalidad” .....	31
<b>Figura 13.</b> Análisis de abundancia de ordenes por factor estación .....	32
<b>Figura 14.</b> Abundancia de ordenes por factor enmienda en estacionalidad .....	33
<b>Figura 15.</b> Abundancia de ordenes por factor suelo en estacionalidad .....	33
<b>Figura 16.</b> Análisis de abundancia por factor arboles en estacionalidad.....	34
<b>Figura 17.</b> Análisis de abundancia de familias de Coleóptera por tiempo. ....	36
<b>Figura 18.</b> Análisis de correspondencia canónica respuesta de familias de coleópteros al factor ambiental suelo.....	38
<b>Figura 19.</b> Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor tiempo.....	39
<b>Figura 20.</b> Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor enmienda .....	40
<b>Figura 21.</b> Análisis de abundancia de familias de Coleóptera por estacionalidad .....	41
<b>Figura 22.</b> Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor suelo.....	43
<b>Figura 23.</b> Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor estación.....	44
<b>Figura 24.</b> Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor enmienda .....	45

## **INDICE DE TABLAS:**

<b>Tabla 1.</b> Características del biocarbón.....	23
<b>Tabla 2.</b> Datos contenidos en la etiqueta de cada muestra .....	26
<b>Tabla 3.</b> Análisis multivariado respuesta de familias de Coleóptera por tiempo .....	37
<b>Tabla 4.</b> Análisis multivariado respuesta de familias de Coleóptera por estacionalidad	43

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 INTRODUCCIÓN:

Cada ambiente demanda de adaptaciones particulares, y en estos se albergan un sinnúmero de grupos de organismos en los distintos medios como el agua salada, agua dulce y la tierra (Hanson, 2010). Los invertebrados son un grupo de organismos capaces de sostener cadenas tróficas complejas involucrando niveles de: trituradores, colectores, detritívoros, filtradores, además depredadores están facilitando el proceso alimenticio de otros organismos como bacterias, plantas vasculares, algas y vertebrados, de acuerdo con Wilches, Botero y Cortés (2012).

Este grupo de animales es muy abundante y diverso en bosques húmedos tropicales, sin embargo, Brown *et al.*, (2018) mencionan que la cantidad reducida de taxónomos que hay hoy en día es sin duda un obstáculo para la identificación de especies de fauna en suelos de los trópicos y subtrópicos. Más allá de eso en los ambientes tropicales se puede destacar la presencia de nemátodos, cigarras, hormigas, moscas y larvas de algunos escarabajos (Brown *et al.*, 2001).

En dichos sistemas desempeñan una importante función para conservar el suelo regulando la asimilación de minerales de las plantas. Todos ellos tienen la capacidad de actuar como indicadores de calidad de ecosistemas, los artrópodos y los insectos especialmente tienen una alta diversidad y capacidad de respuesta ante cambios ambientales, por lo cual son usados para determinar el grado de disturbio en el ambiente por medio de variaciones en su composición y abundancia (Wilches *et al.*, 2012).

El sistema suelo es el resultado de la interacción entre factores físicos, químicos y biológicos en lo que corresponde a ecosistemas terrestres las comunidades edáficas son las más ricas en especies y los macroinvertebrados edáficos actúan como agentes determinantes de su fertilidad y funcionamiento (Escobar *et al.*, 2017). Los invertebrados que miden hasta 2 mm de diámetro corporal constituyen macrofauna y en este grupo se alojan a los gusanos, coleópteros en fase larvaria o adulta, ciempiés, termitas, diplópodos, isópodos, arañas, hormigas, entre otros son fundamentales para el funcionamiento ecológico y afectan la producción primaria de los suelos de manera directa o indirecta (Ferreira, Tomazi, Pezarico, Aquino y Mercante, 2007).

Dentro de este grupo de organismos beneficiosos para el suelo localizamos a los organismos Holometábolos, pertenecen al súper orden Endopterygota. Se contabiliza que del 80% de las especies de insectos los holometábolos representan el grupo más exitoso y también diverso de los organismos terrestres (Withing, 2001). Están abarcando 11 órdenes de insectos, sin embargo, cerca del 99% de su total está representado por 4 órdenes principales: Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera y Coleóptera, todos ellos, con una característica en común las transformaciones bruscas que sufren en su fase de metamorfosis, además de su tan marcada diferencia que las larvas tienen con respecto a los adultos (Bellés, 2009). Los holometábolos terrestres tienen metamorfosis completa (Schuster, 1989). Un claro ejemplo de esto como se mencionó anteriormente son los individuos pertenecientes al orden Coleóptera los mismos que tienen adaptaciones en casi todos los hábitats y constituyen un valioso material para estudios ecológicos (Moret, 2005).

Coleóptera es un grupo de organismos que reciben el nombre castellano de ‘escarabajos’, pero muchos tienen nombres concretos, son un grupo monofilético de fácil reconocimiento, entre sus características más relevantes se pueden mencionar: presentan una fuerte esclerotización en el cuerpo, su par de alas se han transformado en estuches endurecidos para proteger sus alas membranosas, sus variados modos de vida que van desde omnívoros, fitófagos, saprófagos hasta carnívoros tanto es así que hasta logran encontrarse organismos acuáticos en este grupo, además algunos cazan de manera activa y otros desarrollan hábitos parásitos. Estos organismos poseen interés biogeográfico ya que indican de manera directa o indirecta al mantenimiento (al ser controladores de plagas) o afección (en su búsqueda de alimento) de zonas forestales o cultivos agrícolas (Zarazaga, 2015).

En los sistemas edáficos los cultivos y plantaciones forestales se consideran de primordial utilidad para los pueblos campesinos ya que mejoran su economía así lo afirma Peña, (2001). De dichos sistemas forestales parten muchas de las estrategias de conservación y manejo para su rendimiento sostenido y la satisfacción de necesidades humanas (Aguirre, 1996). Entre estas plantaciones forestales tenemos *Myroxylon balsamum* (Fabaceae) y *Ocotea quixos* (Lauraceae), la primera cumple funciones como la incorporación de nitrógeno al suelo y su fertilización junto con *Inga edulis* y la segunda posee actividad antifúngica e incluso posee aplicaciones en cadenas farmacéuticas (Delgado, 2011). Una de las estrategias usadas por las antiguas civilizaciones de las cuencas amazónicas es la

denominada ‘terra preta’ o tierra negra no solo contiene una gran concentración de nutrientes sino también la materia orgánica es persistente en ese suelo esto gracias a la existencia de carbono negro rodeando los suelos, el mismo que puede actuar como un importante sumidero de carbono con esto se logran sostener los suelos fértiles, especialmente en los trópicos húmedos (Glaser, Haumaier, Guggenberger y Zech 2001). Corresponde a suelos ricos con horizontes superficiales gruesos y de color oscuro, se destacan por su alta fertilidad y acumulación de carbono orgánico estable, dicha materia orgánica llama la atención ya que se considera un posible medio para el aumento de la fertilidad y almacenaje de carbono en los suelos tropicales (Kim, Sparovek, Longo, de Melo, Crowley, 2006).

La biota en el suelo puede modificar las características del biocarbón (Catrascani, 2015), un ejemplo son los agroecosistemas de *Tretamoruim* sp. en España. Para Kamau (2017) la macrofauna del suelo constituye un impacto en las propiedades del mismo, la aplicación de biocarbón en el suelo hace posibles modificaciones fisicoquímicas y de la fauna del suelo.

La gradual restauración edáfica con el uso de biocarbón se hace posible gracias a la identificación de bioindicadores (Gerlach *et al.*, 2013). El objetivo principal del presente trabajo de investigación es describir el grupo de organismos holometábolos especialmente familias del Orden Coleóptera como un grupo de invertebrados que tienen relación con los procesos de restauración ecosistémica con enmiendas de biocarbón en sistemas forestales de especies nativas no maderables de *Myroxylon balsamum* y *Ocotea quixos* en parcelas permanentes en establecidas en el CIPCA.

## **1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La tala indiscriminada, la actividad ganadera y agrícola han transformado los bosques húmedos tropicales amazónicos en un mosaico de pastizales, sistemas improductivos para la agricultura y suelos sumamente empobrecidos, lo que hace necesaria la aplicación de enmiendas restauradoras de suelo. El biocarbón es un medio para mejorar la fertilidad del suelo y mitigar cambios climáticos, especialmente en ecosistemas terrestres degradados. La presencia limitada de alternativas de bajo costo y fácil acceso para medir el proceso de recuperación de suelos requiere la identificación de organismos bioindicadores que indiquen estos cambios en los procesos de recuperación de suelos y estos pueden ser: Himenóptera, Hemiptera, Collembola, Isópoda, Orthoptera, y Coleóptera.

En el marco de los procesos de restauración los Coleópteros son organismos holometábolos y corresponden a invertebrados sensibles a la degradación y fragmentación de hábitats por actividades antrópica, por lo que se consideran organismos bioindicadores. En el CIPCA se evidencian parches transformados de bosque nativo a bosque secundario, en este sitio se pueden analizar los impactos generados por actividades humanas gracias a bioindicadores edáficos, los coleópteros como en el caso de las familias Carabidae, Staphylinidae y Scarabaeidae tienen gran dependencia a factores bióticos y abióticos. Su abundancia, composición y diversidad pueden indicar perturbaciones en el ambiente además son capaces de procesar y reciclar sustrato, reciclar el excremento y reintegrarlo al ecosistema; es decir, intervienen en el reciclaje de material orgánico con ello a su vez al enriquecimiento del suelo.

### **1.2.1 JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación propone identificar y describir insectos Holometábolos y familias del Orden Coleóptera ya que este grupo de individuos desempeña un papel importante en los procesos de restauración de suelos por su elevada capacidad para descomponer sustratos, recurso que luego es incorporado a la cadena trófica del ecosistema, en la cual dicho material orgánico se transforma en compuestos elementales (Míss & Deloya, 2007). La primordial razón para realizar este trabajo de investigación es determinar la variación de abundancia de los individuos holometábolos, y familias de coleópteros en diferentes condiciones, que van desde variaciones climáticas anuales (en tres épocas), la aplicación de biocarbón como enmienda mejoradora de suelo (dos tipos de biocarbón, con sus controles respectivos), la influencia de dos tipos de suelos

(Aluvial y Coluvial). Así este trabajo permitirá mostrar la dinámica poblacional de los órdenes de insectos holometábolos en estudio y en especial las familias de la orden coleóptera que determinan su viabilidad como bioindicadores. Lo que contribuirá en un futuro a la conservación de los bosques y al buen manejo de los sistemas silvícolas de plantas no maderables en función de la biota presente en los suelos amazónicos. Todo esto llevado a cabo de acuerdo con el permiso del Ministerio del Ambiente MAE-DNB-CM-2018-0087. Contrato Marco de acceso a los recursos genéticos del Programa de Investigación Científica denominado “Ecosistemas Biodiversidad y Conservación de Especies, Invertebrados, y sus interacciones” celebrado entre el Ministerio del Ambiente, a través de la Subsecretaría de Patrimonio Natural; y, la Universidad Estatal Amazónica.

### **1.3 FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los insectos holometábolos y las familias del orden Coleóptera que intervienen en un proceso de restauración forestal con enmiendas de biocarbón en suelos de plantaciones silvícolas no maderables de *Myroxylon balsamum* y *Ocotea quixos*, de acuerdo a su función ecológica?

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 GENERAL**

- Caracterizar los Insectos Holometábolos y las familias del Orden Coleóptera como bioindicadores de un proceso de restauración forestal con enmiendas de biocarbón en parcelas silvícolas de *Myroxylon balsamum* y *Ocotea quixos* en el Centro de Investigación Posgrado y Conservación de la Diversidad Amazónica CIPCA.

#### **1.4.2 ESPECÍFICOS**

- Clasificar los insectos Holometábolos por órdenes y a nivel de familia el orden Coleóptera en los suelos con enmiendas de biocarbón en las parcelas silvícolas de *Myroxylon balsamum* y *Ocotea quixos* del CIPCA.
- Describir la abundancia de holometábolos y de las familias de Coleóptera y su función como bioindicadores de procesos de restauración forestal en parcelas silvícolas permanentes con enmiendas restauradoras de biocarbón en el CIPCA.

# **CAPITULO II. FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **2.1 BASES TEÓRICAS**

### **2.1.1 EL SISTEMA SUELO**

El origen y evolución del suelo se identifica como las modificaciones o cambios que han ocurrido durante su proceso progresivo de desarrollo, es una capa superficial de la corteza terrestre, resulta de la descomposición de rocas gracias a la acción del agua y el viento además de la acción de los seres vivos sobre él. Dicho proceso hace que las rocas se meteoricen o fragmenten en pedazos pequeños, luego del proceso de meteorización estos subproductos se combinan con arcilla, agua, aire y elementos orgánicos de plantas o animales (humus) hasta llegar a un estado estable (Sánchez y Rubiano. 2015).

#### **2.1.1.1 COMPONENTES ORGÁNICOS DEL SUELO**

La materia orgánica se refiere a todo material tanto de origen animal como vegetal en proceso de descomposición o sin descomponer es un sinónimo con el humus al que se llama sustancia húmica (FAO, 2009). La materia orgánica en el suelo (MOS) está conteniendo la mayor cantidad de carbono de toda la superficie de la tierra; es decir, el doble que contiene la atmosfera y a su vez este contenido de C es tres veces más grande que todos los seres vivos presentes en los ecosistemas terrestres y gracias a su presencia y participación en los ciclos biogeoquímicos constituye un factor de calidad y salud del componente suelo y su funcionalidad.

La fertilidad del suelo depende en gran medida de la materia orgánica como fuente de nutrimentos para las plantas y fuente de energía para los organismos microscópicos del suelo, funciones de intercambio de iones o de oxido reducción. La cantidad de materia orgánica en el suelo puede estimarse gracias a variaciones en la coloración de este diferenciándolos entre suelo seco y húmedo, de tal manera, según el cuadro de Munsell es propio de los suelos oscuros una mezcla variada de material orgánico y la presencia de minerales es mas de suelos de color claro (FAO, 2009).

#### **2.2.1.2 SUELO ALUVIAL**

Los Suelos Aluviales son suelos cuyos materiales han sido transportados o depositados en las planicies costeras y valles interiores, poseen textura variable, suelos recientes y carecen de modificaciones por agentes externos como el agua o el clima. Su ubicación

está en áreas de ligera inclinación o valles interiores en el que el nivel freático se localiza cerca de la superficie y hay poco drenaje, pueden estar constituidos por fragmentos de rocas frescas y materiales meteorizados que se transforman en arcillas u óxidos. Se considera que son suelos altamente productivos por su alto contenido de materia orgánica que pueden dar paso a la agricultura intensiva y mecanizada de toda clase de cultivos (Besoain, 1985). En el caso de este tipo de suelos el factor que influye en ellos es el agua que los van transportando a grandes distancias y se van depositando en determinado sitio por degradación de tamaños que van desde arcillas hasta gravas gruesas y bloques, es decir estos suelos están relacionados a granulometría y por ende incidencia en la permeabilidad (González, 2004).

#### **2.2.1.3 SUELO COLUVIAL**

Estos suelos son materiales transportados por gravedad por acción principalmente del agua, el hielo (o deshielo), la gravedad y el viento, es el resultado de la alteración in situ de las rocas que se transportan luego a manera de derrumbes de laderas o depósitos de soliflucción, por ello su asociación a masas inestables, su composición está en dependencia del tipo de roca de la cual procede, generalmente son de tamaño grueso, englobados en una matriz de limo y arcillosa (lodosa), son poco resistentes en contacto con el sustrato rocoso y en su desarrollo a altas presiones por lluvias intensas (Gonzales, 2004).

#### **2.2.1.4 SUELOS DEGRADADOS**

El suelo es la formación de horizontes superficiales o externos de rocas, que se han modificado a lo largo del tiempo y de forma natural por acción del agua, aire y los organismos del medio sean que tengan vida o ya no. En su superficie inmediata encontramos desde hojarasca, superficial hasta troncos caídos (Cabrera *et al.*, 2017)

La degradación del suelo está definida como una modificación o cambio a su salud, es la disminución de la capacidad ecosistémica para producir bienes o prestar servicios normales. La degradación del suelo y de la tierra cubren todos los efectos negativos en la capacidad de realizar procesos como los relacionados con el agua y la relación con servicios sociales (FAO, 2019). En diversas zonas de casi todos los países ha sufrido una serie de transformaciones en sus características físicas, químicas y biológicas, derivadas de situaciones propias de su origen natural, pero también que nacen de actividades productivas y usos extremos a los que se hallan sometidos los sistemas edáficos.

Para Ruiz (2019), esto produce una fuerte degradación en su fertilidad natural y la pérdida de disponibilidad de elementos como el fósforo y esto hace necesaria la aplicación de enmiendas o tecnologías para la recuperación de sus propiedades.

## **2.2.2 CARBONO EN EL SUELO**

El carbono es el elemento principal en los compuestos que se necesitan para la vida, se encuentra como compuesto orgánico en los seres vivos. Se entiende que el contenido de C es el 50% de la biomasa. El carbono orgánico en el suelo es un importante componente en los ciclos biogeoquímicos, el carbono en la biosfera abarca un 69,8%, el suelo puede efectuar el papel de reservorio para este elemento, el carbono orgánico se puede identificar en el suelo como residuos orgánicos de animales, vegetales y microorganismos poco alterados que forman humus y carbono elemental condensado. En condiciones aerobias el carbono que ingresa al suelo se mineraliza rápidamente y no es capaz de formar humus estable, el carbono que ingresa por otras vías depende grandemente de la acción de microorganismos, la biota o macrofauna edáfica y raíces de plantas para su mineralización. Se estima que el carbono orgánico en el suelo favorece la fertilidad del suelo, existe una relación directa entre los agregados del suelo y su contenido de carbono teniendo en cuenta que el tamaño y la forma de los agregados actúan sobre la retención y disponibilidad de agua y aire, también sobre el crecimiento de raíces en los cultivos lo que incide además en el grado de compactación del suelo (Martínez *et al.*, 2008).

### **2.2.2.1 BIOCARBÓN**

Las civilizaciones de la cuenca del Amazonas poseían suelos antrópicos muy fértiles, los compuestos de carbono en el suelo tienen miles de años de antigüedad. El origen de este método tiene lugar en culturas amazónicas de Brasil donde se han evidenciado suelos con biocarbón o ‘terra preta do indio’, con horizontes de materia orgánica que ha pasado un proceso de pirolisis de hasta 2 metros de profundidad a diferencia de suelos naturales que no pasan de 20 centímetros, dichas tierras tienen hasta 70 veces más carbón que las tierras en estado natural característica que les permite resistir más años en el ambiente sin sufrir alteraciones significativas (Vélez & Verona, 2018).

La gran resistencia que tienen las terras pretas, su materia orgánica y ambiental proporcionan un vínculo entre la geosfera, biosfera, hidrosfera y la atmósfera (por la interacción del carbono orgánico con ella); entonces, es clave para la sostenibilidad del

ecosistema. El carbono almacenado en el suelo es casi 4 veces mayor lo que aumenta la fertilidad de este especialmente en condiciones tropicales (Novotny *et al.*, 2009).

#### **2.2.2.2 PROPIEDADES DEL BIOCARBÓN**

El biocarbón (biochar) es un subproducto de la pirolisis de biomasa residual, se dice que este material puede retener temporalmente el nitrógeno y liberarlo lentamente en los productos inorgánicos incrementando su eficiencia y de esta manera se logra aumentar la productividad en los diversos tipos de cultivos (Rebolledo *et al.*, 2015). El biocarbón se obtiene de la descomposición de biomasa de madera, estiércol o residuos de cultivos con escasa o limitada disponibilidad de oxígeno a temperaturas menores a 700 °C (Escalante *et al.*, 2016).

La composición del biocarbón es heterogénea, pero conserva sus propiedades como pH neutro, aromaticidad, y su elevada concentración de carbono, y de ahí el efecto positivo en la optimización de la actividad agrícola alcalinizando suelos ácidos, mejorando la capacidad de infiltración, es una alternativa para la retención de agua en los suelos y disminución del uso de fertilizantes convencionales, dando una alta a la calidad de los cultivos por la mayor disposición de nutrientes para los cultivos. El aumento de temperatura en el suelo también es un punto a favor del biocarbón ya que el color negro de este componente hace que la superficie oscura de los suelos suministrados con este elemento reduzca el albedo y absorban más radiación, este hecho ayuda a la germinación de plántulas y la actividad microbiana (Vélez & Verona, 2018).

#### **2.2.2.3 EL BIOCARBÓN CONTRA ENFERMEDADES FORESTALES**

La resistencia es la capacidad de determinados organismos para poder superar o excluir el efecto de un componente perjudicial. La aplicación de biocarbón en suelos de cultivos reportan una resistencia de las plantas a patógenos, en un estudio de Matsubara realizado en el 2002 y explicado en el trabajo de Hojah, (2013) se menciona que el biocarbón al combinarse con una micorriza arbuscular (*Glamus* sp.) tiene efectos inhibitorios sobre el hongo (*Fusarium oxysporum*) en las raíces de espárrago, en este experimento se muestra la resistencia foliar por hongos patógenos. De esta manera al aplicar biochar se asume que la respuesta de defensa se activa en la parte radical y se traslada a toda la planta, así, este componente está funcionando como inductor a resistencia de plagas y enfermedades forestales activando las raíces de las plantas afectadas y liberando sustancias que la planta es capaz de absorber y que provocan resistencia en las mismas Hojah, (2013).

### **2.2.3 BIOTA DEL SUELO**

Existen factores como la temperatura, aireación, acidez, humedad, contenido de nutrientes y cantidad de sustrato que influyen sobre la diversidad, riqueza y abundancia de la biota del suelo. Por ejemplo: las lombrices, termitas y otros organismos aumentan la productividad del suelo al remover sus capas superficiales y mezclarlas con nutrientes lo que incrementa la capacidad de infiltración del suelo, la fijación de nitrógeno de forma biológica esta dado por microorganismos que fijan N atmosférico convirtiéndolo en disponible para el ecosistema, aquí el componente microbiano incluye. Protozoos hongos, bacterias y actinomicetes como lo detalla Martínez *et al.*, (2008).

La biota en el suelo es capaz de mantener procesos críticos; tales como: el almacenamiento de carbono, ciclo de nutrientes (fosforo, potasio, calcio y nitrógeno), diversidad de especies vegetales que está sujeta a la fertilidad del mismo, procesos de biodegradación o descomposición de materia orgánica en humus por el aumento de humedad en el suelo al retener agua, reducción de residuos peligrosos, control natural de plagas, reducción de lixiviados de nutriente, incremento de la porosidad del suelo que potencia la infiltración del agua y reduce significativamente la escorrentía superficial y gracias a ello también se reduce la erosión del suelo.

### **2.2.4 BIOTURBADORES**

Hace unos 540 millones de años aparecen los primeros organismos bioturbadores, organismos que pueden mover sedimentos alterando su disposición y composición que incide en él, ciclo del fosforo de los océanos y los niveles de oxígeno en nuestro planeta además manipulas indirectamente la vegetación terrestre (Caliman *et al.*, 2013). Los organismos bioturbadores o ingenieros del ecosistema son elementos de la fauna que crean túneles, poros, agregados o montículos y canales que dan paso al transporte de gases y agua hacia el suelo, entre ellos tenemos: lombrices, termitas, hormigas, raíces de plantas, entre otros. De esta manera estos organismos del sistema edáfico crean o adecuan microhábitats para seres más pequeños. Son fundamentales para mantener la estructura del suelo en agroecosistemas y bosques.

Por otro lado, para poder indicar la funcionalidad de estos organismos edáficos se reconocen varios microhábitats en el suelo como esferas de influencia de estos organismos tales que están formadas por ejemplo por micorrizas y rizobacterias que potencian el crecimiento vegetal o inhiben la aparición de plagas y enfermedades,

descomponen material orgánico, fragmentan hojarasca, disponen espacios físicos y alimento para otras especies, guían la mineralización de los nutrientes. Todos los organismos que tienen la capacidad de transformar las condiciones físicas de su hábitat se pueden denominar microingenieros, de hecho, es importante también entender el estrés y las perturbaciones causadas por el hombre y sus marcadas diferencias en sus fases de vida, fisiología, preferencias alimenticias y microhábitats (Vázquez, 1999).

### **2.2.5 MACROFAUNA EDÁFICA**

La expresión macroinvertebrados no es una clasificación taxonómica, es más bien un concepto que abarca una variedad de organismos invertebrados (Lobato, 2015). Existen diversas formas para clasificar las formas de vida en el suelo, depende en gran manera del tamaño corporal, otro criterio es el tamaño del tubo digestivo y aparato bucal, se consideran también aspectos de movilidad, hábitos alimenticios, y un aspecto importante el cual está dado por las funciones ecológicas en el suelo. Entonces, bajo los criterios mencionados se separan los animales en base a su diámetro o longitud uso de microorganismos de 0,2 y 2,0 mm incluyendo Acari, Collembola, Pretura, Enchytraeidae, y Synphyla, entre otras. Por otro lado, la macrofauna incluye organismos de fácil identificación a simple vista >2,0 mm, entre ellas: hormigas, arañas, cucarachas, piojos de serpiente, chinches, termitas, escarabajos que se colectan junto a la mesofauna; sin embargo, se consideran parte de la macrofauna edáfica caracterizados por diferenciarse a simple vista en su gran mayoría con gran diversidad de grupos y funciones ecológicas (Vaz *et al*, 2009).

Para Lavelle *et al.*, (2006) los macroinvertebrados también pueden considerarse del suelo; es decir, son aquellos que cumplen funciones organizadas participando en procesos como la incorporación de basura en el suelo, construcción de la porosidad del suelo y su mantenimiento, control de comunidades, actividades microbianas, protección vegetal al actuar sobre algunas plagas forestales. De hecho, Vaz *et al*, 2009, confiere otras funciones como el ciclo de nutrientes, la supresión del suelo, incorporación de material orgánico, control biológico de plagas en el suelo, entre ellos los ácaros son depredadores de suelo, las termitas, lombrices y escarabajos actúan como detritívoros, desintegrando material vegetal, contribuyen a la estructura y formación del suelo.

### **2.2.6 METAMORFOSIS HOLOMETÁBOLA**

El proceso de metamorfosis en los insectos es una adaptación biológica fascinante y sumamente exitosa, las especies ancestrales no sufrieron metamorfosis y actualmente existen algunas que solo tienen metamorfosis parcial, además de varios organismos invertebrados que no sufren metamorfosis (Truman y Riddiford, 1999).

Los insectos holometábolos abarcan aquellos que sufren un proceso de metamorfosis completa, indirecta, pasando por tres estadios o etapas de vida: huevo, larva y pupa, en el cual la larva corresponde al estado intermedio entre el huevo y la pupa. En las fases de vida larva y adultos existe una diferencia marcada ya que el aparato bucal y algunos otros apéndices cambian de forma y función (Schuster, 1989).

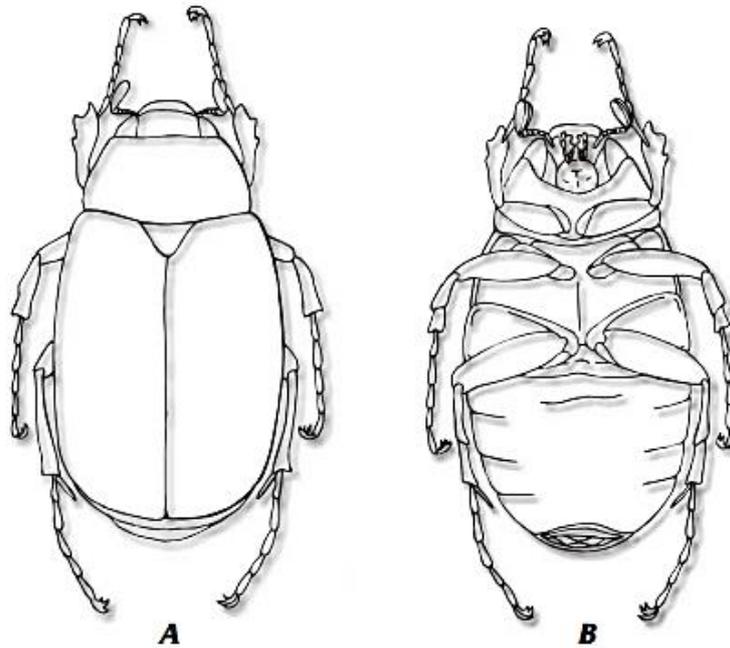
### **2.2.7 COLEOPTEROS**

Linneo asignó el término ‘coleopteros’, del cual coleos significa vaina y pteron es igual a ala que quiere decir “alas envainadas”, de esta manera el orden se constituye de un primer par de alas llamadas élitro que en manera de reposo están cubriendo al segundo par de alas membranosas como un estuche o vaina. El orden Coleóptera es uno de los más numerosos de los insectos, según varios autores de todo el conjunto de los seres vivos, de asume que todos los hábitats están habitados por estos seres, son conocidos como: cascarudos, escarabajos, bichos de luz, mariquitas, tacas y luciérnagas (Bar, 2010).

Los hábitos alimenticios de este grupo de organismos según Pedraza, (2008), son: fitófagos, micófagos, depredadores, saprófagos, necrófagos, saprófago-micófagos, coprófagos, y depredador-micófago. Entre otras características que se le atribuyen al orden colóptera tenemos: miden desde mm (Staphylinidae) hasta más grandes (Scarabaeidae), sus colores varían de grises, pardos, amarillentos, brillantes y metalizados cosa que varía en función del clima o ambiente en el que habitan (Bar, 2010).

### **2.2.8 GRUPOS FUNCIONALES DE LOS COLEOPTEROS**

Para Amat et al., (2005) los escarabajos constituyen a la Super familia SCARABAOIDEA, son denominados Lamelicornios porque poseen antenas o cuernos que terminan en varios segmentos comprimidos y alargados en forma de laminilla y tarsos en sus patas (Figura 1).



**Figura 1.** Plan corporal de un escarabajo típico

**Fuente:** Amat et al., (2005).

Se manejan varias clasificaciones taxonómicas para los escarabajos típicos que ponen en consideración los siguientes grupos: Los ciervos volantes (LUCANIDAE), escarabajos de cortezas muertas o blindados (PASSALIDAE), escarabajos fitófagos (MELOLONTHIDAE), escarabajos plateados de la subfamilia Rutelinae, frugívoros de la subfamilia Cetoniinae, cornudos de la subfamilia Dynastinae, escarabajos carroñeros (TROGIDAE), escarabajos estercoleros (SCARABAEIDAE) esto según Amat *et al.*, (2005). Pero también existen otros miembros de escarabajos entre los cuales tenemos: Escarabajos de las hojas (CRISOMELIDAE), xilófagos (ELATERIDAE), escarabajos frondícolas, minadores y que se alimentan de flores, escarabajos carnívoros (CARABIDAE), escarabajos vagabundo (STAPHYLINIDAE), escarabajos de la madera (PASSALIDAE), escarabajos de los hongos (EROTYLIDAE) también gorgojos (CURCULIONIDAE) y escarabajos de hongos en repisa (TENEBRIONIDAE), entre otros así se definen los grupos funcionales o gremios de escarabajos por su carácter ecológico y funcional en comunidades biológicas (Moreno & Amat, 2015).

#### **2.2.8.1 ESCARABAJOS CIERVOS VOLANTES (LUCANIDAE)**

Se los considera como el grupo más primitivo de todos los grupos de escarabajos típicos, está en relación estrecha con los escarabajos blindados o pasálidos, en general son de color rojizo, negro brillante o pardo, tienen mandíbulas más desarrolladas, anchas largas y curvadas, alas desarrolladas, antenas de 10 segmentos, poseen cuernos o astas que nos recuerdan a los venados, este grupo es especialista en alimentarse de madera en estado de descomposición; por ello, viven en troncos muertos sus larvas semidesarrolladas también permanecen allí en estado de quietud o con lentos movimientos ( Amat et al., 2005).

#### **2.2.8.2 ESCARABAJOS DE LOS HONGOS (EROTYLIDAE)**

Existen simbiosis entre hongos e insectos, en este caso se han reportado algunos escarabajos de ambrosía donde se reconocen interacciones endosimbiosis que puede ocurrir de manera intra y extracelular en estructuras adjuntas al intestino de las larvas, su función al parecer es asistir en la digestión de los componentes más complejos de la madera en este caso las celulosas y además sintetizar algunas sustancias esenciales similares a las vitaminas (esteroides) como lo menciona Reyes, (2007).

#### **2.2.8.3 ESCARABAJOS BLINDADOS DE LAS CORTEZAS MUERTAS (CURCULIONIDAE)**

Amat et al., (2005), los describe como individuos de colores brillantes y generalmente de color negro se alimenta de material rico en madera descompuesta son saproxilófagos, por ello es frecuente notar su presencia en troncos en estado de putrefacción donde se localizan huevos, larvas y adultos de este grupo, están organizadas a nivel social y los padres alimentan a la larva y para ello su ciclo de vida ocurre dentro del tronco donde los pequeños escarabajos tendrán alimento, refugio y condiciones de microclima estable en el medio circundante.

#### **2.2.8.4 ESCARABAJOS CARROÑEROS (SCARABAEIDAE)**

Se caracterizan por poseer el esclerito dorsal en el último segmento del abdomen y está cubierto por élitros, espuelones en las tibias posteriores, los élitros poseen tubérculos irregulares dando un aspecto de granos de tierra, coloraciones opacas, negras o rojizas que se camuflan con sustrato para evitar depredadores. Tanto las larvas como los adultos se alimentan de cadáveres secos de vertebrados además de residuos orgánicos de plumas, pelos, excrementos que encuentran en nidos o madrigueras (Amat et al., 2005). Al ser organismos necrófilos constituyen un gremio importante para el equilibrio ecológico por

su papel como degradadores de material orgánico de origen animal constituyéndose así en limpiadores ecológicos y abonadores del suelo (Pérez et al., 2015).

#### **2.2.8.5 ESCARABAJO FITÓFAGOS (CHRYSOMELIDAE, SCARABAEIDAE)**

Las larvas de los escarabajos fitófagos en una proporción son conocidos como ‘toritos’, ‘cornudos’ y ‘escarabajos rinoceronte’. Su dieta alimentaria se basa en: tejidos vegetales vivos, madera podrida, hojarasca, humus, frutos maduros o fermentados, secreciones dulces de los vegetales y raíces. Existen además hábitos sapro-melífagos que corresponde a los consumidores de desechos vegetales, sabia, frutos maduros o néctar, sapro-antófagos que consumen humus de tejidos vegetales, néctar y polen, están además los xilomelífagos y filo-rizófagos que comen escurrimientos de sabia y tubérculos respectivamente. Y finalmente tenemos a los fleo-xilófagos y filoxilófagos que consumen madera descompuesta o floema de ramas. Los adultos se caracterizan por poseer antenas con 9 u 11 segmentos, el último segmento abdominal no está cubierto por élitros, sus patas son de tipo caminador-cavador o caminador-trepador, poseen un cuerpo robusto, subcilíndrico u ovalado, colores diversos amarillos, rojos, pardos, negros o verdes, pueden ser brillantes, metálicos o aterciopelados (Amat et al., 2005). Los escarabajos de este grupo en especial de la Familia Scarabaeidae, se caracterizan por su importante rol económico y ecológico por sus actividades de polinización, degradación y reciclaje de materia orgánica (García, 2014).

#### **2.2.8.6 ESCARABAJOS COPRÓFAGOS (SCARABAEIDAE)**

Con las denominaciones de ‘coprófagos y estercoleros’ agrupan subfamilias como: Scaranaeinae, Hybosorinae, Aphodinae y Geotrupinae, su alimento favorito es el estiércol de mamíferos, aunque también presentan dietas alternativas dirigidas hacia la necrofagia y además pueden ser saprófagos como es el caso de la subfamilia Ceratocanthinae. Estos escarabajos se caracterizan por presentar cuidado parental, construcción de nidos, en cuanto a las características físicas generales que tienen este grupo de individuos tenemos: forma del cuerpo redonda y globosa, colores oscuros, brillantes y metálicos, coloración verde o azul en los ojos, los machos tienen cuernos en la cabeza, tienen las patas anteriores ensanchadas para construir huecos y enterrar comida. Poseen gremios como: los pequeños del estiércol (endocópridos), cavadores (paracópridos), que excavan en el suelo subyacente al depósito de excremento, y los peloteros (telecópridos) arrastran el excremento a 15 metros de distancia de su punto de origen luego cavan al suelo para la construcción de pelotas de nidación Fig. 2. La mayor cantidad de especies de escarabajos

coprófagos se concentran en el Neotrópico y muchas de ellas tienen interés comercial por sus llamativos y metálicos colores (Amat *et al.*, 2005).

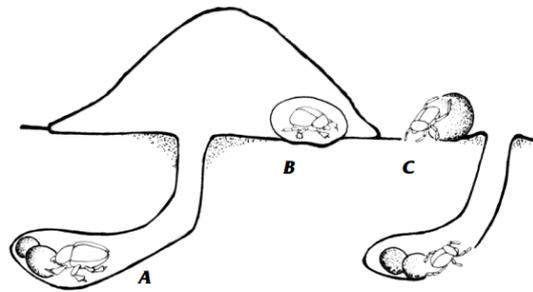


Fig. 5B Principales gremios de escarabajos coprófagos  
A. Paracópridos B. Endocópridos C. Telecópridos

**Figura 2.** Principales gremios de escarabajos coprófagos.

**Fuente:** Amat *et al.*, (2005).

## 2.2.9 COLEOPTEROS Y SU FUNCIÓN ECOLÓGICA

Como mencionan Grez, Moreno y Elgueta, (2003) los insectos son un grupo de organismos muy diverso y juegan un rol muy importante en el funcionamiento del ecosistema son capaces de actuar como polinizadores, depredadores, herbívoros, y descomponedores de materia orgánica, este es el caso de un grupo muy abundante de organismos, ellos son los coleópteros. Están representando el 30% de todas las especies animales conocidas, se diferencian de otros ordenes de invertebrados por poseer alas endurecidas denominadas élitros que les son útiles para protegerse y un par de alas membranosas usadas para volar, tienen variados regímenes de alimentación en sus fases de vida. Se usan como bioindicadores por razones como: su diversidad y abundancia en especies, su rango amplio de ocupación de nichos ecológicos y la diversa gama de hábitos alimenticios (Quiloango, 2019).

Para Moret, (2005) una de las familias más representativas de los coleópteros es Carabidae, diversa y numerosa con hábitos nocturnos y una dieta mayoritariamente carnívora que desempeña un importante papel en comunidades de invertebrados de casi todos los ecosistemas se alimenta de suelos y son por ende importantes indicadores ecológicos ya que se adaptan a variedad de hábitat y pisos altitudinales consagrándose así entes de gran valor ecológico. Pedraza, (2008) aporta que su importancia ecológica radica en que algunos coleópteros pueden regular el crecimiento y desarrollo de comunidades vegetales, contribuyen a la polinización de varias especies de angiospermas, forman parte

de la base alimenticia de mamíferos, aves, reptiles y anfibios y muchos de ellos albergan parásitos y parasitoides en su interior. Procesan excremento, cadáveres y hojarasca, formando humus que ayuda a que hongos y vegetales crezcan. Dichas características han permitido que estos organismos dominen varios ambientes tanto terrestres como acuáticos haciéndolos representativos en abundancia para el planeta. Gracias a su función ecológica o nicho trófico pueden ayudar a que tanto las especies vegetales o plantaciones forestales, así como el suelo mejoren sus condiciones (Amat *et al.*, 2005).

### **2.2.10 PLANTACIONES FORESTALES NO MADERABLES**

Una plantación forestal o bosque artificial comprende una extensión vegetal de vida silvestre creada artificialmente formada por plantaciones con espaciamiento controlado, que permite el establecimiento de especies exóticas o endémicas adecuadas utilizando plántulas procedentes de viveros, permitiendo elegir la especie que se desea plantar, controlando también la densidad, composición, manejo, generando un mejor acceso y explotación del bosque enfocados hacia la producción de productos forestales maderables o no maderables. Dichas especies deben reunir un grupo de condiciones como: la adaptabilidad al medio ecológico; es decir, que sean capaces de soportar variaciones ambientales, adaptarse a la fertilidad del suelo para que su ritmo de crecimiento no se haga lento, debe presentar agresividad a las malezas como lo menciona Basantes, (2016).

Las asociaciones forestales puras que no tienen mucha extensión son las más ventajosas y no requieren tantos cuidados como las mezcladas, las posibilidades para el establecimiento de plantaciones mezcladas se deben a los siguiente: se puede aprovechar mejor el espacio de producción, el bosque estará más protegido contra plagas, enfermedades, fuego o viento, son más provechosos desde el punto de vista hidrológico, sin embargo requieren mayor atención en el proceso de siembra y selección de plántulas. Por ello es necesario considerar exigencias ecológicas (luz, agua y suelo) antes de establecer especies mezcladas. Las formas de hacer dichas mezclas (Fig. 3) pueden ser mediante plantación individual, en líneas sean paralelas o diagonales, en lotes en función de la pendiente o irregularidad del terreno (Basantes, 2016).

Mezcla individual	Mezcla en líneas (paralela)	Mezcla en líneas (diagonal)	Mezcla en lotes		
X O X O X O	X X X X X	O X X O X X	O O O O	X X X X	O O O O
O X O X O X	O O O O O	X O X X O X	O O O O	X X X X	O O O O
X O X O X O	X X X X X	X X O X X O	O O O O	X X X X	O O O O
O X O X O X	O O O O O	O X X O X X	X X X X	O O O O	X X X X
			X X X X	O O O O	X X X X
			X X X X	O O O O	X X X X

Donde: X = especie 1; O = especie 2.

**Figura 3.** Formas de asociados forestales

**Fuente:** Basantes, (2016)

Actualmente los bosques tropicales están en alta demanda para la satisfacción de necesidades sociales, entre ellas el aprovisionamiento de productos forestales no maderables, la regulación de los ciclos biogeoquímicos, la recreación y el turismo (Guariguata *et al.*, 2009). Durante varios años los productos forestales no maderables también conocidos como *Non-Timber Forest Products* (NTFP) se consideraron productos menores o secundarios de los bosques, dichos productos forestales no maderables incluyen materiales biológicos contrarios a la madera por ello para la FAO se consideran productos no madereros que se pueden producir en plantaciones forestales o en sistemas agroforestales, y de ellos se pueden extraer: semillas comestibles, condimentos, aromatizantes, medicina, cosméticos y fines culturales (López, 2008).

### 2.2.10.1 SISTEMAS FORESTALES DE ISHPINGO (*Ocotea quixos*)

El Ishpingo es una planta muy valorada por muchos pueblos y nacionalidades indígenas del Ecuador además está catalogada como especie endémica del mismo país. Francisco Pizarro confirió el nombre de país de la canela al este de las laderas andinas cubiertas por un denso bosque tropical, los ideales de conquista llevaron a la formación de un asentamiento en un afluente del río Napo, una vez que habían luchado con guerreras (Amazonas) llevo a sus soldados a la Costa atlántica y de allí a su patria española. La Canela americana es un árbol que produce ishpingo, el oloroso cáliz de fruta fue presentado por Atahualpa a Pizarro, este crece de manera espontánea y ahora se cultiva en los valles tropicales y subtropicales en las denominadas provincias de la canela del oriente del Ecuador, ya en los tiempos incaicos se lo consideraba como medicina y como especia, posee propiedades aromatizantes y probablemente alucinógenos, se considera también un artículo valioso para el comercio al ser usado como medicina tradicional, aperitivo, antidiarreico, desinfectante y anestésico local pero más aún como especia

consagrándose en un ingrediente obligatorio en bebidas tradicionales algunos países (Naranjo et al., 1980).

Debido a que el Ishpingo es una planta que en estado silvestre tiene una baja población, la producción del mismo es una oportunidad para disponibilidad de él en las comunidades, siembras en sistemas agroforestales, silvipastoriles o a su vez para el enriquecimiento del bosque que se traduce en ganancia económica, estas plantas se desarrollan de 200 a 1 500 msnm de 18° a 30° centígrados y hasta con 4000 mm de precipitación y para su siembra se debe considerar hasta cuatro años de desarrollo y es indispensable considerar una siembra de esta especie en mezcla con otras (evitar monocultivo) y no destruir bosque primario para la siembra de la planta (Torres, 2013).

#### **2.2.10.2 SISTEMAS FORESTALES DE BÁLSAMO (*Myroxylon balsamum*)**

Árbol originario de América Central, se extiende desde el Sur de México hasta Brasil y Argentina y se cultiva hasta en el Congo, prospera en ambientes adversos en sitios secos de 350 mm y húmedos de 2 300 mm anuales con temperaturas que van de 22° hasta 30° centígrados, sin embargo, requiere sequía de 4 o 6 meses es resistente a suelos neutros o alcalinos siempre y cuando posean buen drenaje pero su crecimiento se dificulta en suelos ácidos y compactados, su desarrollo se optimiza en suelos de 6.5 o 7.5 pero no son recomendados suelos de 5.5 de pH. Su producción de materia orgánica es alta, tiene gran capacidad para formar follaje y sus hojas tienen buen contenido de N, su estado productivo se alcanza a los 2 años y produce leña 50 metros cúbicos por hectárea al año, posee nódulos fijadores de nitrógeno, en las épocas secas la simbiosis con rizobium le permite adaptarse a factores limitantes de disponibilidad de agua o nutrientes (Gutierrez, 2019).

Esta especie está siendo cultivada en ciertos países de los trópicos para satisfacer la demanda de productos forestales, las siembras experimentales de ella son muy comunes ya que crece en variedad de climas y suelo, se usa además para procesos de restauración de zonas degradadas mediante programas de reforestación en Hawai se siembra en suelos desnudos, en Indonesia para restaurar laderas volcánicas. *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (1908) ayuda a abonar, controla la erosión, mejora la estructura y estabiliza los suelos, además es una barrera contra incendios (Gutierrez, 2019).

## **2.2.11 TECNICAS DE MUESTREO DE INVERTEBRADOS**

El equipo básico para la colecta de especímenes de invertebrados es: pinzas entomológicas, frascos de distintos tamaños y con cierre hermético, bolsas plásticas, pala de mano, cámara fotográfica, líquidos conservantes como etanol o formol, libreta de campo, lupa y cinta adhesiva, etiquetas. Para la colecta de macroinvertebrados tenemos el uso de redes de captura usadas en aire, sobre vegetación o en agua, el frasco aspirador que es usado para ejemplares pequeños, trampas de golpeo para insectos en arbustos, las trampas de luz para insectos con hábitos nocturnos, y las trampas de caída usadas para invertebrados terrestres que consta de un recipiente enterrado en el suelo dentro del cual se colocan cebos para atraer la biota del suelo (Zapata, 2009).

Las trampas de caída o Pitfall son bastante utilizadas en estudios faunísticos y ecológicos por su bajo costo y fácil manipulación, permitiendo también capturar un alto número de organismos que facilitan aplicar análisis estadísticos (Cruz *et al.*, 2017).

### **2.2.11.1 TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS DE MACROINVERTEBRADOS**

Para sacrificar los invertebrados de cuerpo duro se usan frascos mortíferos con etanol en concentraciones del 70% en adelante, para fijar y conservar el material en el caso de coleópteros se debe usar cajas entomológicas con fondo de algodón o naftalina extendido y rotulado correctamente, o a su vez si se trata de material húmedo debe estar en tubos de ensayo con abundante líquido conservante (Zapata, 2009).

# CAPITULO III. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

## 3.1 LOCALIZACIÓN

La localización del sitio donde se realizó el presente estudio es el Centro de Investigación Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), ubicado en la región Amazónica del Ecuador entre las provincias de Napo y Pastaza en el km 44 Vía Puyo-Tena en las cercanías del Río Anzu y Piatúa (UEA, 2017). Localizado en la zona tropical, existe un 80% de humedad y la temperatura oscila entre los 15°C y 25°C. Se destaca en la zona un relieve ondulado en los puntos de muestreo tenemos una altura de 650 msnm, (UEA, 2018), y en este centro de investigación están ubicadas las parcelas silvícolas permanentes con enmiendas de biocarbón (Fig. 4).

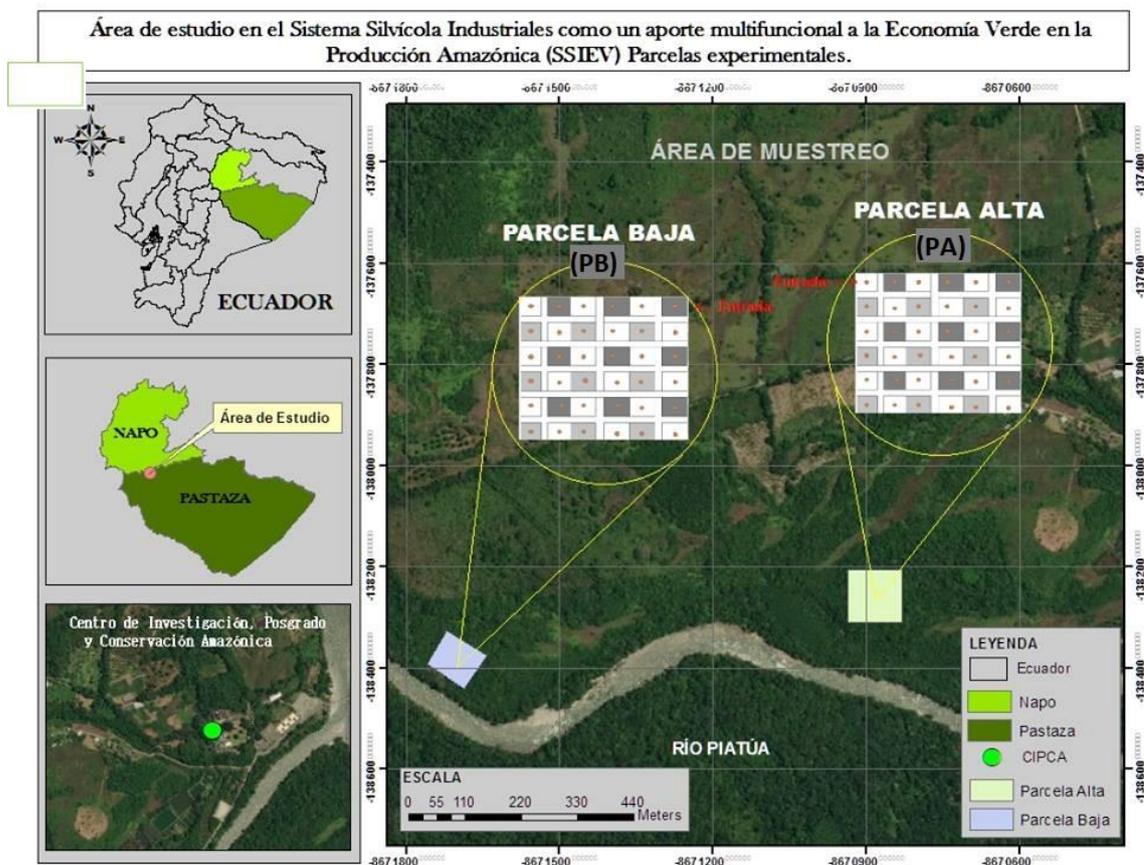


Figura 4. Ubicación del área de estudio, CIPCA y sitios de muestreo (PA y PB).

## 3.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

### **Investigación Descriptiva**

Mediante la cual se trata de describir los organismos holometábolos y las familias de coleópteros, su abundancia y la función que ellos cumplen dentro del ecosistema.

### **Investigación Explicativa**

Porque el estudio trata de relacionar la abundancia de los invertebrados y la función ecológica de las familias de los coleópteros muestreados.

### **Investigación experimental**

Debido a que se realizaron muestreos de macrofauna edáfica en campo, para clasificarlos en grupos taxonómicos al nivel más mínimo posible y determinar su abundancia.

## 3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

**Diseño Documental**, que parte de la búsqueda, análisis, crítica e interpretación de datos e información dada por otros investigadores en años anteriores acerca de restauración forestal y de suelos con el uso de ‘terra preta’ o biocarbón y el uso de indicadores ecológicos sensibles a cambios en el ambiente.

**Diseño de campo**, la recolección de datos in situ de los sujetos a estudiar (Arias, 2012). Es decir, en este caso la colecta de los macroinvertebrados mediante trampas de caída.

**Diseño experimental**, se somete a un grupo de individuos a tratamientos de biocarbón y dos especies forestales no maderables con su asocio y observar su presencia, abundancia o ausencia mediante la utilización de programas estadísticos que nos dan datos reales en valores de significancia en base a la abundancia de los insectos muestreados.

## 3.4 METODO DE INVESTIGACION

### 3.4.1 FASE DE CAMPO

Los lugares específicos para el muestreo corresponden a parcelas silvícolas permanentes enriquecidas con productos forestales no maderables, ubicadas en dos tipos de suelo Aluvial y Coluvial (PA y PB) con tratamientos silvícolas de *Ocotea quixos* que corresponde al tratamiento 1 (T1), *Myroxylon balsamum*, que es el tratamiento 2 (T2), y una combinación o asocio 50%50% entre *O. quixos* y *M. balsamum* también denominado tratamiento 3 (T3), a cada tratamiento fueron aplicados dos tipos de enmiendas y un

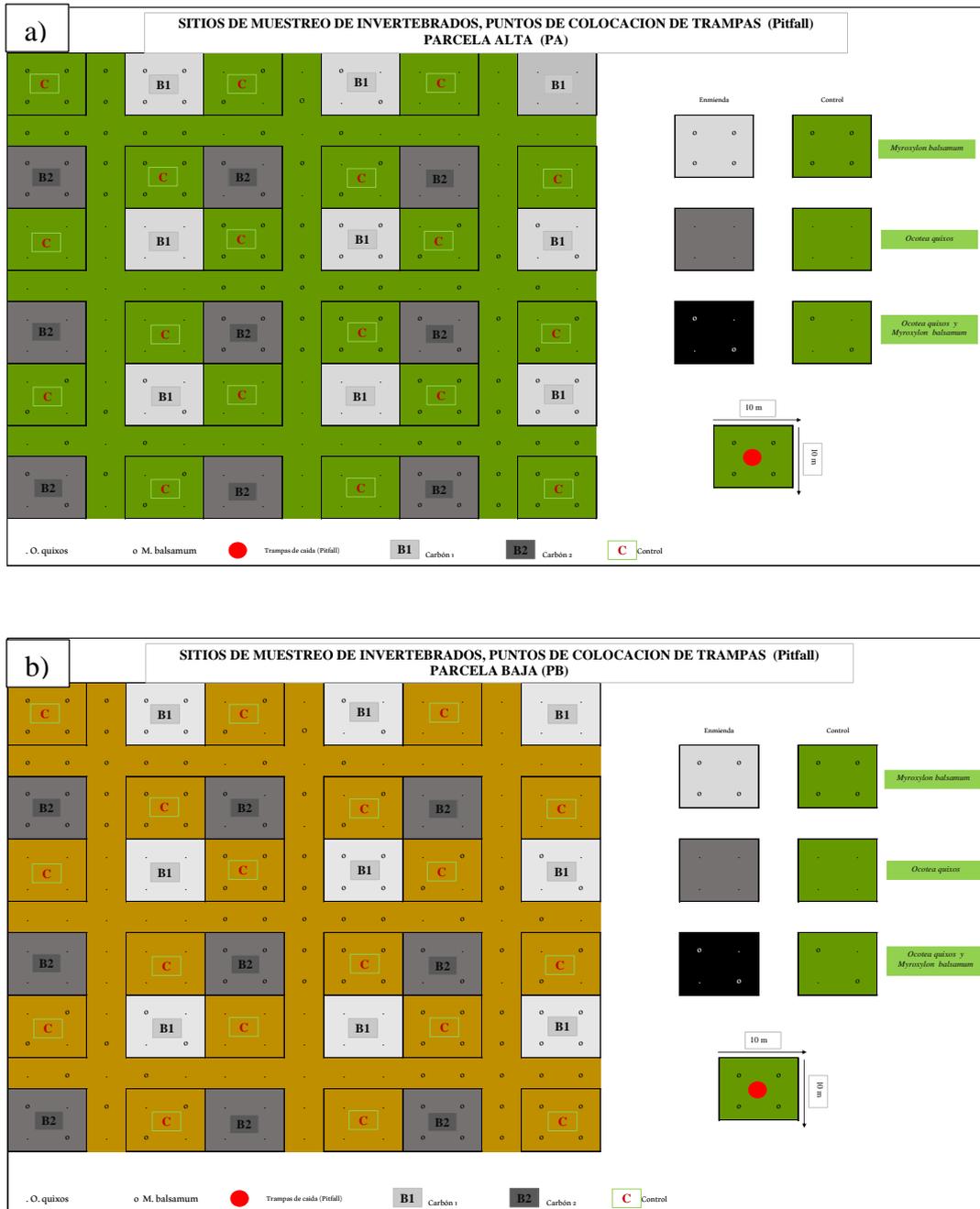
control: la primera enmienda corresponde al carbón elaborado en caldera y a condiciones controladas al cual se le llama carbón 1 (B1), el siguiente es el carbón 2 corresponde a un tipo de carbón que fue comprado y sus comerciantes lo elaboraron de manera tradicional sin condiciones controladas (B2), los dos tipos de carbón fueron elaborados a partir de Pigue (*Piptocoma discolor*), y el control (C) con 18, 18 y 36 unidades experimentales respectivamente dando un total de 72, las trampas de caída para el muestreo de invertebrados fueron colocadas en el centro de cada una de las unidades muestrales, es decir, en el centro de cada tratamiento.

A continuación (Tabla 1), se muestran las características de los dos tipos de biocarbón aplicadas en cada parcela.

**Tabla 1.** Características del biocarbón

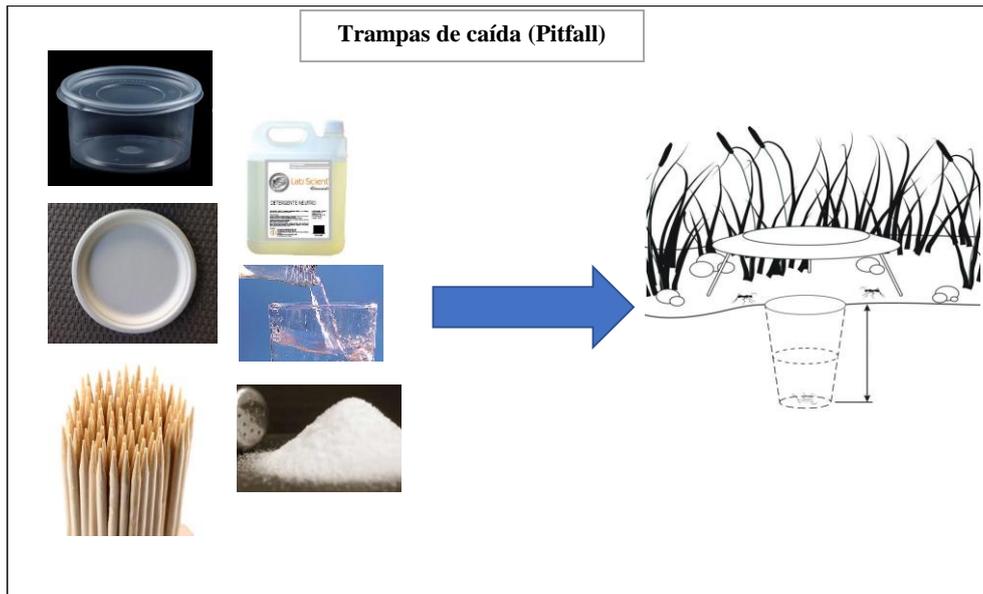
<b>Fuente de Biochar</b>	<b>Código</b>	<b>pH</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S.cm}^{-3}</math>)</b>	<b>Max T (<math>^{\circ}\text{C}</math>)</b>	<b>Humidity (%)</b>
Elaboración en caldera	B1	10.17	1579.09	>550	54
Elaboración tradicional	B2	8.80	190.58		48

Para describir la variación de órdenes en un año en relación a la zona de estudio, se plantea la propuesta de dividir los muestreos en 3 épocas diferentes según su precipitación en un año; donde: Abril es la estación de mayor precipitación (470 mm), Julio con precipitación intermedia (390mm) y Septiembre época de menor precipitación (260 mm) a lo cual se denomina ‘Estacionalidad’. También se analizará la variación de órdenes en dos años diferentes en dos tiempos cada uno: Julio 2017, Septiembre 2017, Julio 2018 y Septiembre 2018 a lo cual se denomina análisis por ‘Tiempo’. Para la Parcela alta y la Parcela baja (PA y PB) cada tratamiento (T1, T2 y T3) tiene un área de 10 metros cuadrados (Fig 5.) y (Fig.6), dentro de cada uno de ellos se colocó 1 trampa, dando un total de 36, en 5 muestreos diferentes en las siguientes fechas: 26 de julio 2017, 13 de septiembre 2017, 12 de abril 2018, 20 de julio 2018 y 27 de septiembre 2018. Siendo así 180 para PA y 180 para PB, dando un total de 360.



**Figura 5.** Sitios para la colocación de trampas Pitfall para invertebrados a) Parcela Alta (PA), y b) Parcela Baja (PB)

Las trampas colocadas constaron de: Jabón líquido neutro, tarrinas plásticas transparentes lisas de ½ litro (11,5 cm de diámetro y 6,1 cm de profundidad), palos de pincho, plato desechable grande. En cada tarrina se colocaron 10% de jabón neutro y 90% de agua y sal para evitar la pronta descomposición de las muestras, llenando la mitad de la superficie de la tarrina lo que corresponde a 300 ml con esta mezcla, para luego tapanlo con la tarrina plástica suspendida en el aire por los palillos de madera (Fig.6).



**Figura 6.** Trampas de caída Pitfall para invertebrados

Las trampas se dejaron 3 días instaladas (Ríos Guayasamín, *et al.*, inpress), posteriormente para colectar las muestras se usó: tela de organza de 10 x 10 cm (para los organismos más pequeños), tubos de ensayo plásticos de 50 ml, con alcohol al 96% para la preservación de los invertebrados y a cada frasco se le colocó una etiqueta temporal con los datos de colecta (Tabla 2)

**Tabla 2.** Datos contenidos en la etiqueta de cada muestra

	<b>Dato requerido</b>	<b>Código</b>	<b>Ejemplo</b>
<b>PRIMERA ETIQUETA</b>	Parcela	PA PB	PAB2T3C1 29-Sep-2018
	Bloque	B1 B2 B3	
	Tratamiento	T1 T2 T3	
	Enmienda	B1 B2 C	
<b>SEGUNDA ETIQUETA</b>	Fecha (de colecta)	28-Jul-2017 15-Sep-2017 14-Abr-2018 22-Jul-2018 29-Sep-2018	

### **3.4.2 FASE DE LABORATORIO**

Los frascos fueron trasladados al Laboratorio de Ecología Tropical Natural y Aplicada (LETNA) en el CIPCA donde se realizó la clasificación a nivel de órdenes contabilizándolos por morfoespecies se llevó a cabo en este mismo laboratorio usando tubos de ensayo de 2,5,15,25 y 50 ml, alcohol al 96%, pinzas entomológicas y con la ayuda de un Estereoscópio. Los coleópteros obtenidos en cada trampa fueron separados por morfoespecies. En cada frasco se hizo necesario emplear etiquetas de papel como se especifica en la (Tabla 2) además de contener el orden al que pertenece sea Díptera, Coleóptera o Lepidóptera.

El paso siguiente fue la toma de fotografías del orden Coleóptera, diferentes ángulos por cada morfoespecie usando un Estereoscopio Leica MYCROSYSTEMS S8 APO y una

cámara fotográfica marca Nikon, las mismas que sirvieron para la identificación del nivel taxonómico más fino posible en familias, las que se identificaron gracias a la aplicación 'iNaturalist' y el uso de claves taxonómicas de la siguiente bibliografía: Archangelsky *et al.*, (2009), (Palma, 2016), Carvajal *et al.*, (2011), Costa *et al.*, (2008), Giraldo *et al.*, (2018), además de otras publicaciones donde se localizan ilustraciones de familias de coleópteros, (Cabrera, 2014; Morrón, 1999; Johnson & Borror, 2005).

### **3.4.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Una vez realizada la identificación de órdenes y familias, los datos se registraron en Microsoft Excel, donde se incluyó el número de morfoespecie, código único de cada muestra, fotografía de morfoespecie, datos de tratamiento, enmienda, parcela, número de individuos. Para el análisis de datos se utilizó un tipo de estadística paramétrica, con el software R, paquete estadístico mvabun (Wang *et al.*, 2019). Aplicando el método de modelos lineales generales multivariados, y univariados ajustados al modelo de regresión binomial negativo, a fin de determinar la significancia de las abundancias de familias de coleópteros. Se usó además el programa estadístico CANOCO 4.5 (Leps and Simuler, 2003), para un análisis de correspondencia canónica (ACC) para la visualización de las familias en relación de cada variable ambiental en estudio.

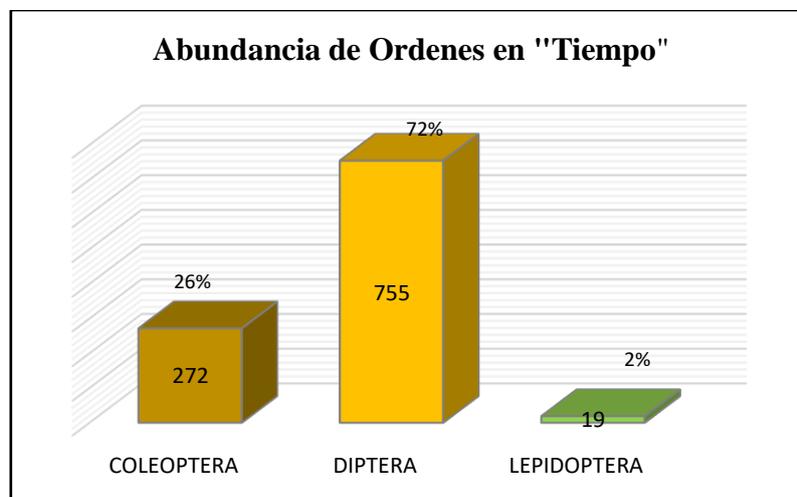
Para describir los resultados se procedió a separar los mismos en dos premisas: a) variación en el tiempo de colecta de 2 años "Tiempo" (julio 2017, septiembre 2017, julio 2018 y septiembre 2018) y b) variación según los meses de precipitación en 1 año "Estacionalidad" (abril mes de mayor precipitación 470 mm, julio mes de precipitación intermedia 390 mm y septiembre mes de menor precipitación 260mm). Dichas premisas se describen en (4.1) La abundancia en los órdenes de holometábolos encontrados, (4.2) las familias de coleópteros identificadas, además del análisis de correspondencia canónica y niveles de significancia en base a las interacciones de factores ambientales: Tiempo o estación, enmienda, suelo y árboles.

## CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 ANÁLISIS DE ÓRDENES DE INSECTOS HOLOMETÁBOLOS

#### 4.1.1 Análisis de abundancia en ordenes de insectos holometábolos en dos años de muestreo "Tiempo"

En el análisis global de órdenes de insectos holometábolos en dos años de muestreo (Fig.7), se encontraron 3: Díptera, Coleóptera y Lepidóptera. Siendo Díptera el más abundante de este grupo con un total de 755 individuos que corresponde al 72% del total de organismos holometábolos, Coleóptera es el segundo orden más abundante posee 272 individuos y equivale al 26% y Lepidóptera corresponde al 2% del total.

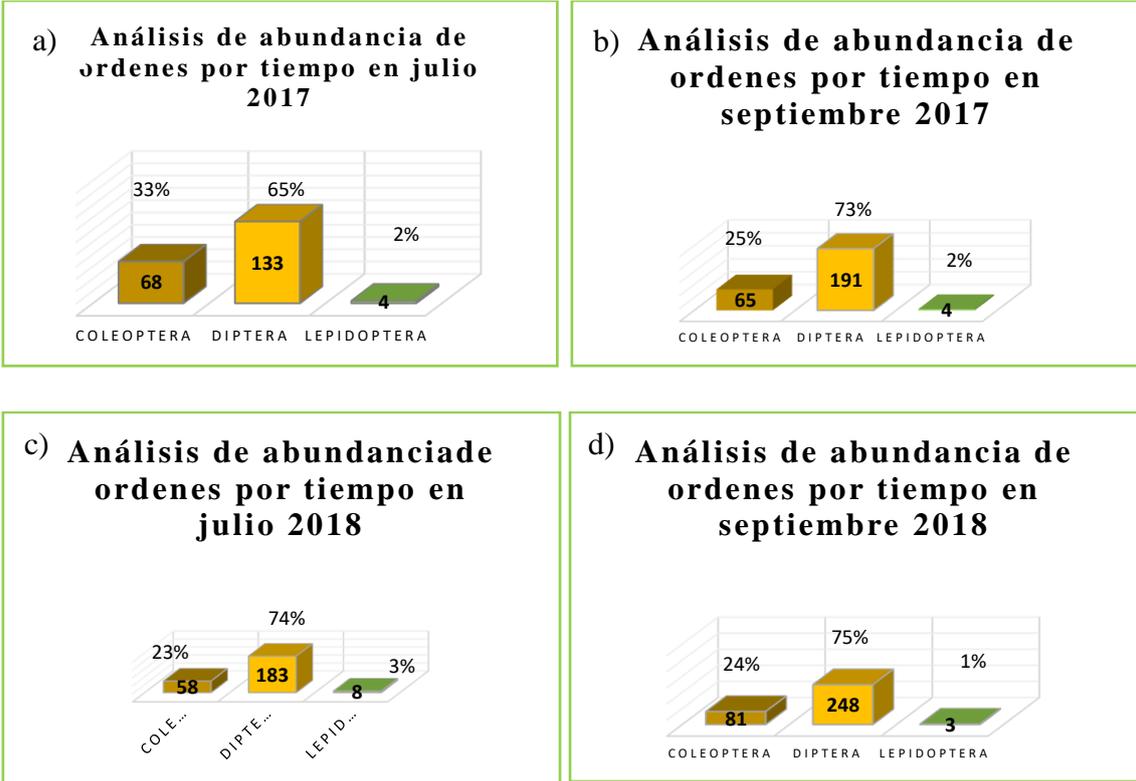


**Figura 7.** Análisis de abundancia de ordenes en dos años de muestreo "Tiempo"

#### 4.1.1.1 Análisis de abundancia de órdenes de insectos holometábolos dividida por influencia de factores

##### 1) Factor Tiempo (Julio 2017, julio 2018, septiembre 2017 y septiembre 2018)

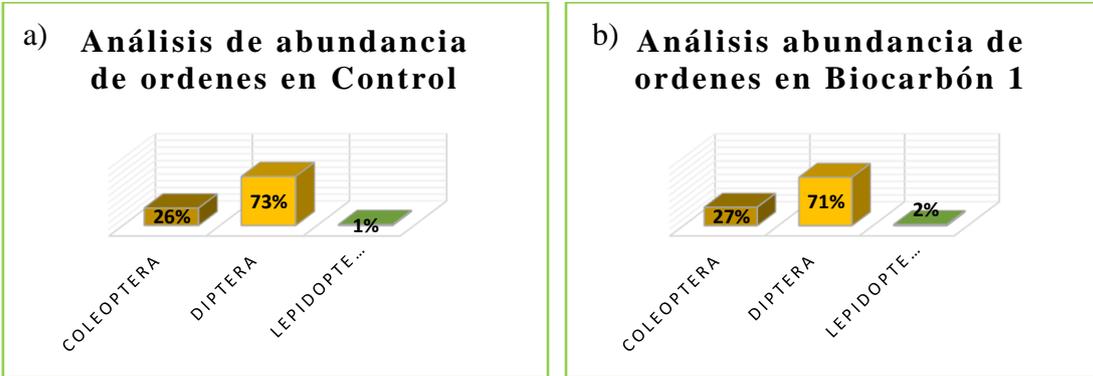
En la abundancia de órdenes del análisis del factor tiempo: en julio 2017 (Fig.8a) Lepidóptera es el menos abundante con tan solo el 2%, Díptera es el 65% y Coleóptera con 68 individuos conforma en 33%, por otro lado, en septiembre 2017 (Fig.8b) tenemos 191 individuos de Díptera que equivale al 73%, el segundo más abundante sigue siendo Coleóptera y es igual al 25% y Díptera es apenas el 2%. En el año 2018 en julio (Fig.8c) tenemos un 74% en Díptera, 23% Coleóptera y 3% de Lepidóptera. Finalmente, en septiembre del 2018 (Fig.8d) tenemos 248 individuos del orden Díptera que es el 75%, 24% corresponde a Coleóptera y tan solo el 1% Lepidóptera.

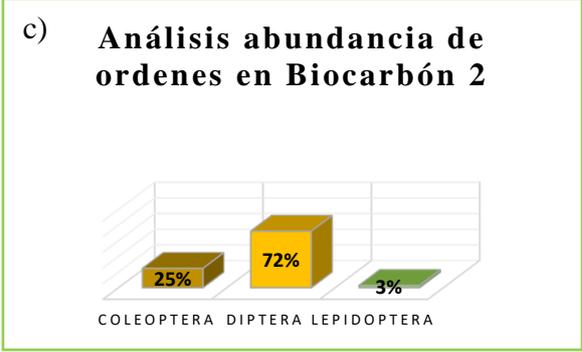


**Figura 8.** Abundancia de ordenes por factor tiempo en: a) Julio 2017, b) Septiembre 2017, c) Julio 2018 y d) Septiembre 2018.

**2) Factor Enmienda (Biocarbón 1, Biocarbón 2, Control)**

Para la abundancia en el factor enmienda en la fase de control (Fig.9a) existe un 75% de Díptera, el 26% pertenece a Coleóptera y el 1% se ve representado por Lepidóptera, para biocarbón 1 (Fig.9b) pasa lo mismo, se encontraron un 71% de dípteros, 27 de coleópteros y Lepidóptera posee un 2%. En la enmienda de biocarbón 2 (Fig.9c) Lepidóptera sube a 3%, Díptera y Coleóptera de tienen 72% y 25% respectivamente.

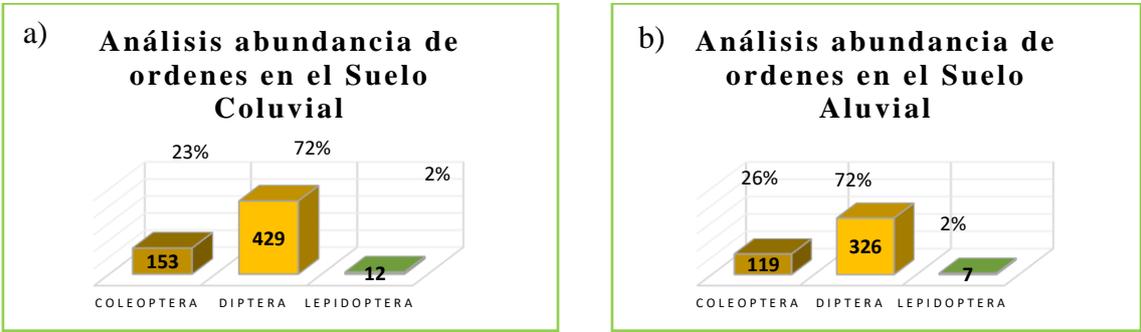




**Figura 9.** Abundancia de ordenes por factor enmienda en el tiempo a) Control, b) Biocarbón 1 y c) Biocarbón 2

**3) Factor Suelo (Suelo Coluvial, Suelo Aluvial)**

En lo que respecta al factor Suelo se puede mencionar que en el Suelo Coluvial o Parcela Alta (Fig.10a) se encontró un total de 429 individuos de Díptera que es igual al 72%, Coleóptera es el 23% y Lepidóptera con solo 12 individuos equivale al 2%. En el suelo Aluvial o Parcela Baja (Fig.10b) el número de individuos para Díptera disminuye a 336 pero sigue representando el 72%, los coleópteros son el 26% y existen 7 individuos de Lepidóptera lo que es el 2%.

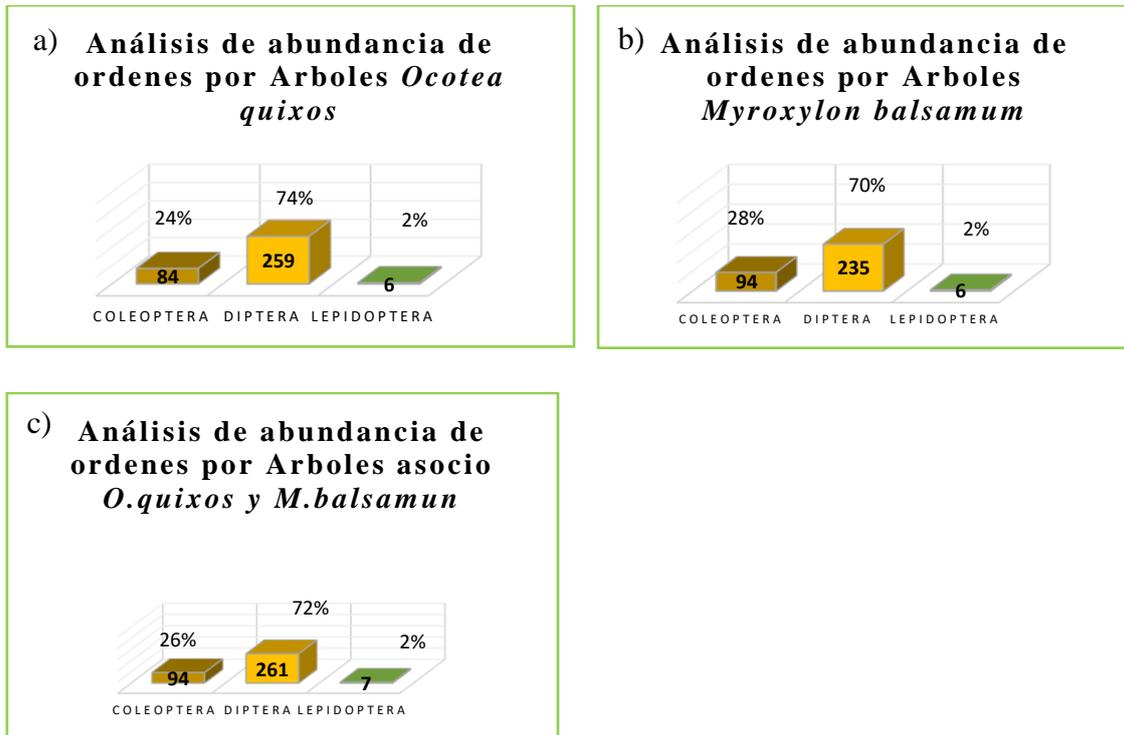


**Figura 10.** Abundancia de ordenes por factor suelo en el tiempo a) Suelo Coluvial y b) Suelo Aluvial

**4) Factor Arboles (*Ocotea quixos*, *Myroxylon balsamum* y asocio 50%-50% /*O.quixos-M.balsamun*)**

En el factor árboles en *Ocotea quixos* (Fig. 11a) encontramos un 74% de Díptera, 24% de Coleóptera y 2% de Lepidóptera, los porcentajes no varían mucho en *Myroxylon balsamum* (Fig.11b) donde tenemos un 70% de dípteros, un 28% de coleópteros y 2% de lepidóptera. Para el caso del asocio de árboles no maderables 50% de *Ocotea quixos* y

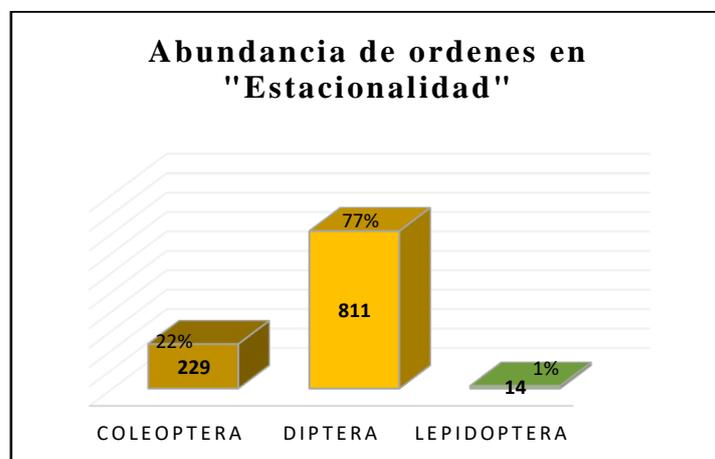
50% de *Myroxylon balsamum* (Fig.11c) existe un 72% de Díptera y Coleóptera posee un 26%, de esta manera el orden menos abundante es Lepidóptera.



**Figura 11.** Abundancia ordenes por factor árboles en el tiempo a) *Ocotea quixos* a) *Myroxylon balsamum* y c) *O. quixos* y *M. balsamum*

#### 4.1.2 Análisis de abundancia en ordenes de insectos holometábolos en un año de muestreo “Estacionalidad”

En el análisis global de la abundancia de ordenes holometábolos en los muestreos de un año (Fig.12) hay un total de 1054 individuos, 811 corresponde a Díptera que es el 77%, 229 individuos son de Coleóptera con un 22% y Lepidóptera el 1% con 14 individuos.

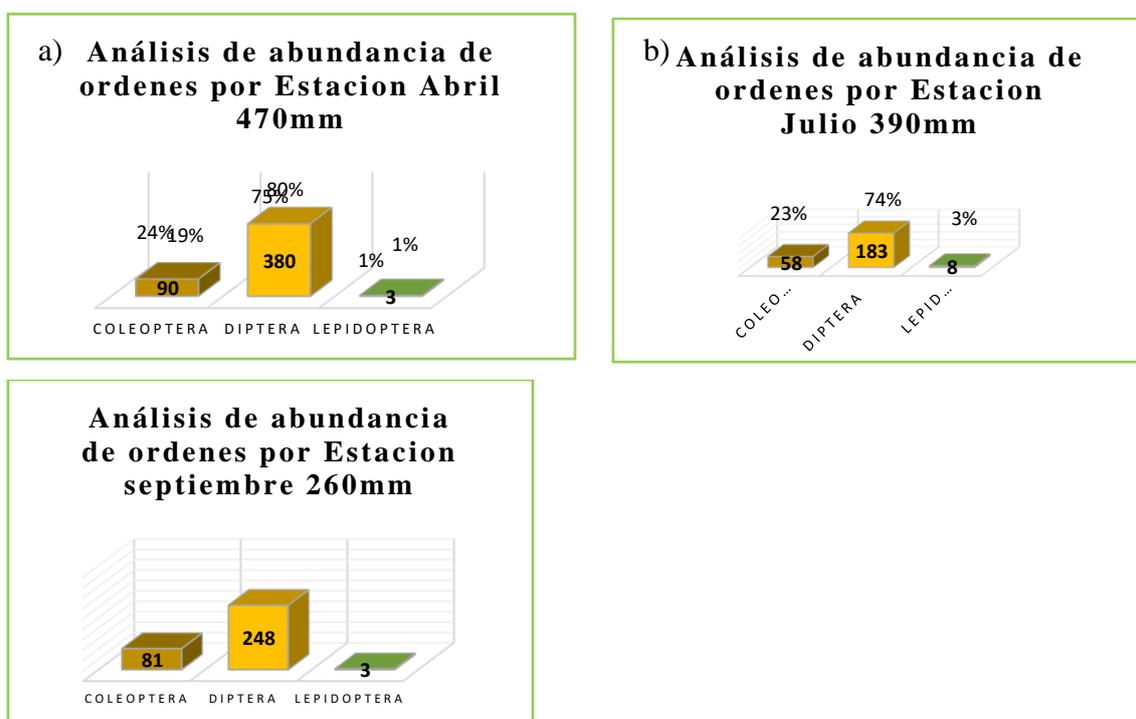


**Figura 12.** Análisis de abundancia de ordenes en un año de muestreo “Estacionalidad”

#### 4.1.2.1 Análisis de abundancia de órdenes de insectos holometábolos dividida por influencia de factores

1) Factor Estación (mes de mayor precipitación Abril 470mm, mes de precipitación intermedia Julio 390 mm, mes de menor precipitación Septiembre 260mm)

En el análisis de órdenes de insectos holometábolos considerando el factor estación tenemos: en el mes de mayor precipitación que es el mes de abril con 470 mm (Fig.13a) vemos un 80% de Díptera, un 19% de Coleóptera y 3 individuos de Lepidóptera que es el 1%. Por otro lado, en el mes de precipitación intermedia que es julio con 390 mm hay 183 individuos de Díptera que conforman el 74%, en Coleóptera tenemos 23% y 8 individuos de Lepidóptera que se traducen en un 3%. Finalmente, el mes de menor precipitación septiembre 260 mm (Fig.13c) tiene el 75% conformado por Díptera, un 24% de Coleóptera y un 1% de Lepidóptera.

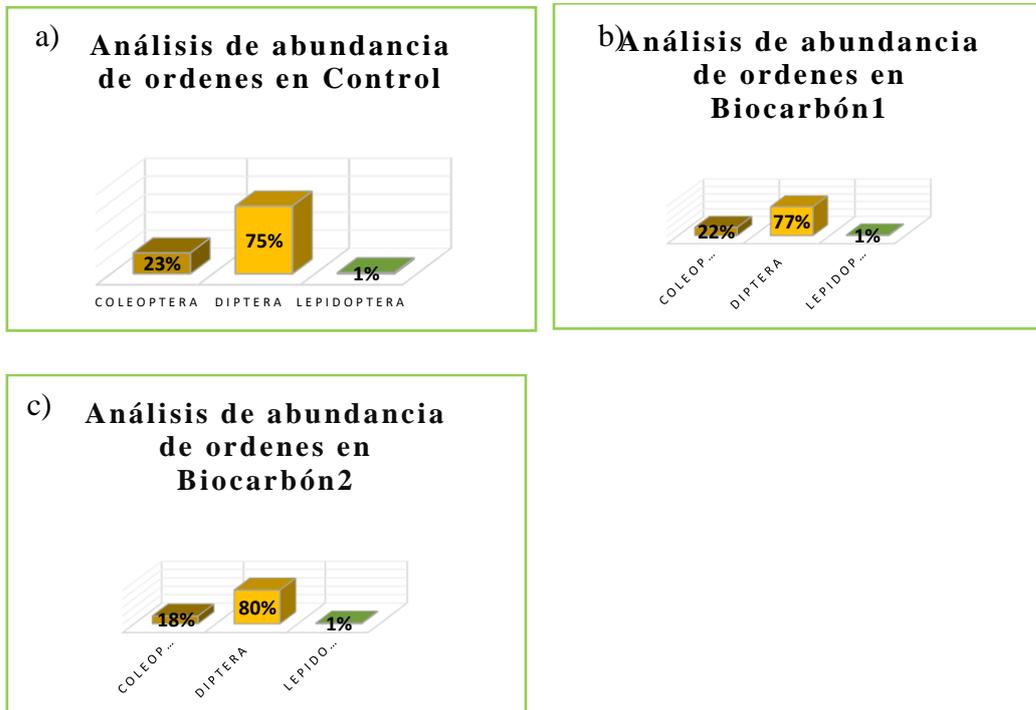


**Figura 13.** Análisis de abundancia de ordenes por factor estación a) 470mm, b) 390mm y c) 260mm

2) Factor Enmienda (Biocarbón 1, Biocarbón 2, Control)

Para el análisis por estaciones en la fase de Control (Fig.14a) hay un 75% del orden Díptera, un 23% corresponde a Coleóptera y el 1% restante es de Lepidóptera. Para Biocarbón 1 (Fig.14b) el 77% son de Díptera, el 22% son coleópteros y el 1% corresponde

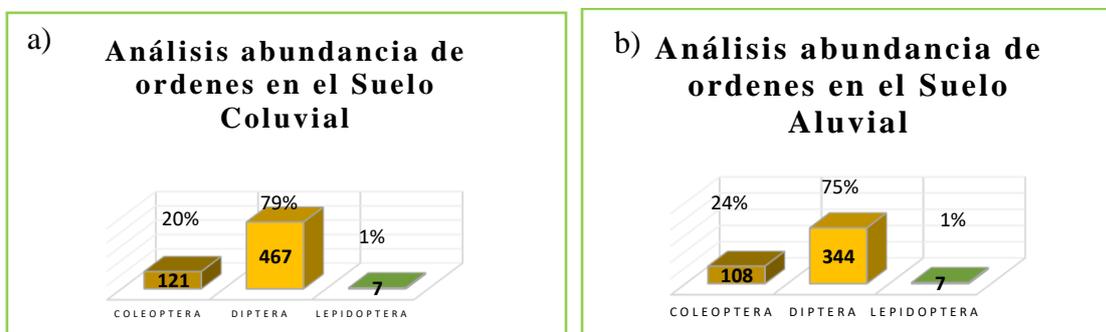
a Lepidóptera, finalmente Biocarbón 2 (Fig.14c) está representado por de Díptera 80%, el 18% es Coleóptera y solo un poco más del 1% corresponde a Lepidóptera.



**Figura 14.** Abundancia de ordenes por factor enmienda en estacionalidad a) Control, b) Biocarbón 1 y c) Biocarbón 2

### 3) Factor Suelo (Suelo Coluvial, Suelo Aluvial)

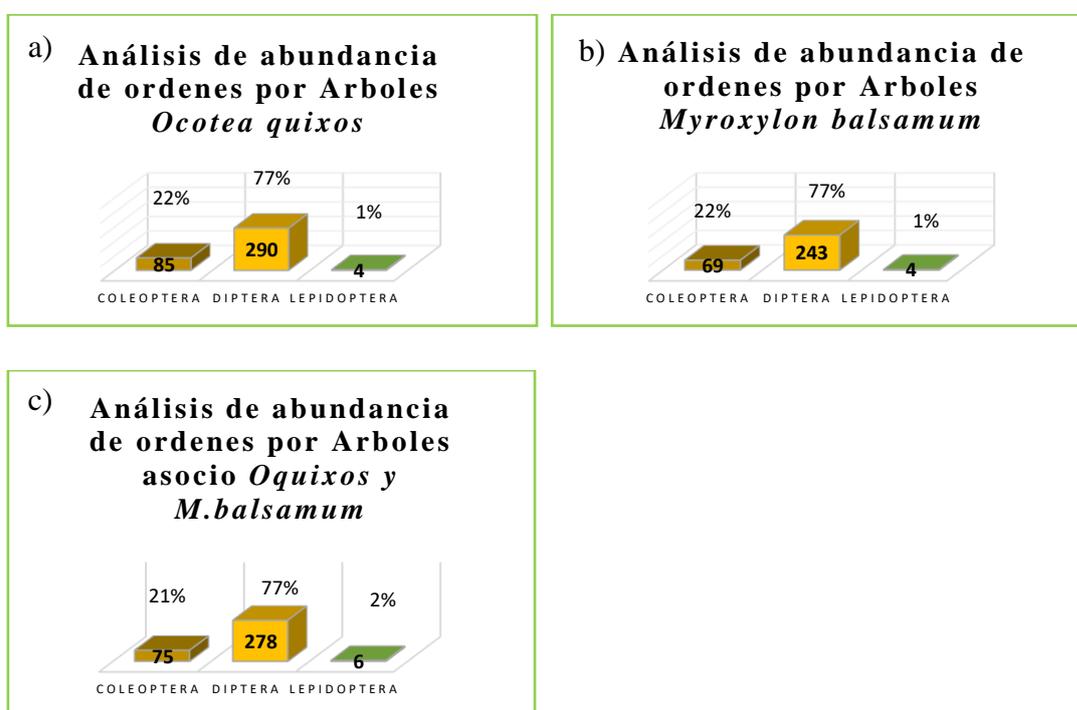
En el análisis correspondiente a suelos para estacionalidad, en el Suelo Coluvial o Parcela Alta (Fig.15a) tenemos 79% del orden Díptera, el 20% pertenece a Coleóptera y el 1% a Lepidóptera, en el Suelo Aluvial (Fig.15b) tenemos 344 individuos de Díptera que son el 75%, 24% son coleópteros y el 1% restante es del orden Lepidóptera.



**Figura 15.** Abundancia de ordenes por factor suelo en estacionalidad a) Suelo Coluvial y b) Suelo Aluvial

**4) Factor Árboles (*Ocotea quixos*, *Myroxylon balsamum* y asocio 50%-50% /*O. quixos* y *M.balsamum*)**

Para el factor árboles en el análisis por estaciones en un año de muestreo en *Ocotea quixos* (Fig.16a) Díptera posee un 77% en abundancia, Coleóptera 22% y Lepidóptera con 4 individuos tiene un 1%. En *Myroxylon balsamum* (Fig.16b) tenemos los mismos porcentajes 22%, 77% y 1% para Díptera, Coleóptera y Lepidóptera respectivamente. Para finalizar el análisis por árboles tenemos que en el asocio 50%-50% de las dos especies forestales (Fig. 16c) se mantiene Díptera como la más abundante con un 77%, Coleóptera tiene un 21% y el porcentaje restante es para Lepidóptera.



**Figura 16.** Análisis de abundancia por factor árboles en estacionalidad a) *Ocotea quixos*, b) *Myroxylon balsamum* y c) *O. quixos* y *M. balsamum*

En un estudio realizado por Gómez et al., (2015) se muestra que existe una variedad de insectos asociados a los cultivos que son esenciales para aplicar técnicas de manejo, sin embargo, muchos de ellos representan plagas, de tal modo que éste investigador con sus colaboradores realizó la colecta de partes de plantas de Piñón (*Jatropha curcas* L.) en periodo vegetativo en Chiapas, Yucatán y Morelos, separando el material colectado por órdenes, familias y especies. Dicho estudio demuestra que de los 13 órdenes colectados los que tuvieron mayor número de morfoespecies fueron Hemiptera, Himenóptera, Coleóptera, Díptera, Lepidóptera, Collembola, Blattodea, entre otras. De hecho, el 85%

del total estuvo representado por Coleóptera, Díptera, Hemíptera e Himenóptera. De ellos se identificaron herbívoros en el orden Lepidóptera que estaban afectando los frutos de piñón. En nuestro estudio también se evidencia la abundancia de estos dos órdenes Coleóptera y Díptera que representan en promedio el 95% del total, en menor proporción tenemos a Lepidóptera.

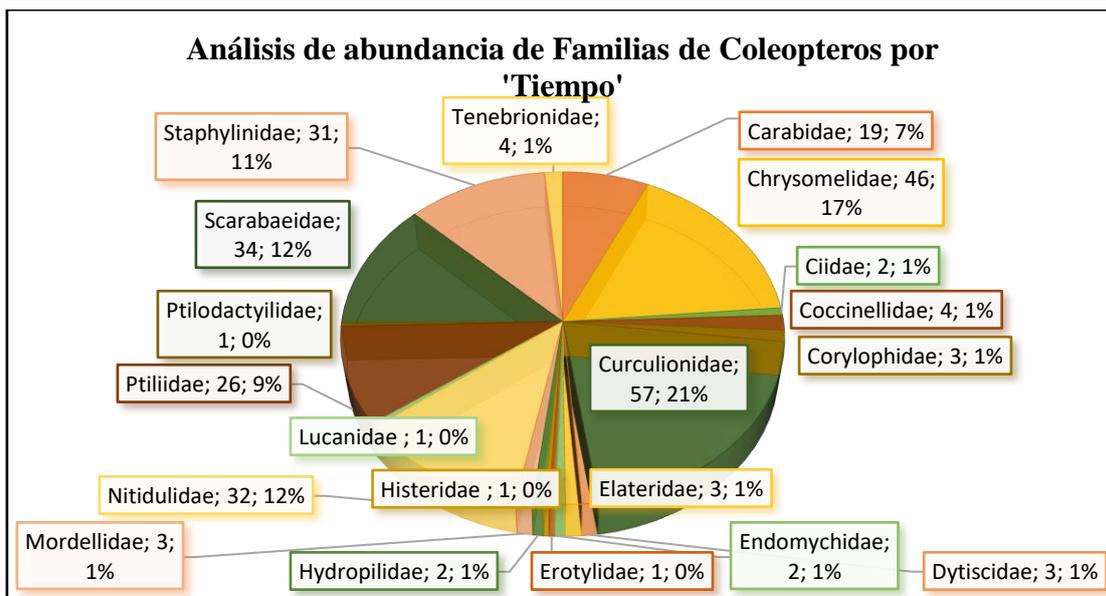
Para García *et al.*, (2014) las variables ambientales como el microhábitat, características climáticas, la geomorfología y el uso del suelo son factores que afectan las comunidades de macroinvertebrados. Sin embargo, para el autor características como las del suelo aluvial; es decir, las zonas rivereñas de los ríos pueden influir factores bióticos y abióticos que ayudan a la presencia y abundancia de organismos.

Según Costa, (2006) la región neotropical exhibe la mayor diversidad de lepidópteros de ellas la gran mayoría son inmaduros en este caso se localizaron larvas y orugas. Para el caso de los coleópteros en bosques tropicales (Sánchez *et al.*, 2013) menciona que están asociados a condiciones de vegetación y hojarasca que son propias de las dos parcelas de ahí que su abundancia se resalte en los dos tipos de suelos de nuestro estudio.

## **4.2 ANÁLISIS DE FAMILIAS DEL ORDEN COLEÓPTERA IDENTIFICADAS**

### **4.2.1 Análisis de abundancia en familias de Coleóptera en “Tiempo”**

En el orden que es objeto de estudio las familias con mayor número de individuos en el tiempo (Jul 2017, 2018 y septiembre 2017, 2018) (Fig.17) fueron: Curculionidae 57 que es el 21%, Chrysomelidae 46 un 17%, Scarabaeidae 34 es el 12%, Staphylinidae 31 tiene un 11%, Nitidulidae 32 que equivale al 12% y Carabidae 19 individuos que representan el 7%, todas en conjunto constituyen el 90% del total de la abundancia de familias. Por otra parte, las familias menos abundantes son Erotylidae, Histeridae, Ptilodactylidae poseen 1 individuo representan el 0,3%.



**Figura 17.** Análisis de abundancia de familias de Coleóptera por tiempo.

En un estudio llevado a cabo por Fernández, (2010) se menciona que desde el punto de vista bioclimático las precipitaciones de 600 mm son útiles para notar la presencia de Curculionidos ya que en su estudio bajo estas condiciones climáticas él y sus colaboradores eligieron 5 puntos de muestreo para captar la mayor diversidad de taxones de gorgojos, teniendo como resultado 256 ejemplares de esta familia.

Dichas características de precipitación se asemejan a las que se presentan en el mes de julio para nuestra zona de estudio por ello Curculionidae es una familia abundante en nuestro trabajo. Nitidulidae por otro lado, tuvo gran abundancia en el caso de efecto debido a que su alimentación está ligada al aprovechamiento de árboles, flores, hojarasca que en este caso es propio de ecosistemas silvícolas por la cantidad de árboles y madera existente en las dos parcelas.

#### **4.2.1.1 Niveles de significancia, análisis de correspondencia canónica con interacción de factores ambientales por tiempo**

Al analizar las respuestas multivariadas de las familias de coleópteros (con mvabund), en un modelo de interacción total, confrontando los factores como: Enmienda, suelo, árboles, tiempo y sus interacciones se pudo observar en base a los valores de significancia y tendencia. En el análisis global multivariado (Tabla 3) para el tiempo el factor suelo (Fig.18) tiene una tendencia (LRT=30.45, P=0.084), el tiempo (Fig.19) en (Julio 2017, julio 2018, septiembre 2017 y septiembre 2018) resulta ser muy significativo ya que posee el valor de (LRT=127.31, P=0.001), los árboles (LRT=48.10, P=0.166) no son

significativos para la presencia de familias de coleópteros, pero la enmienda ( Fig. 20) si es significativa (LRT=59.63, P=0.016).

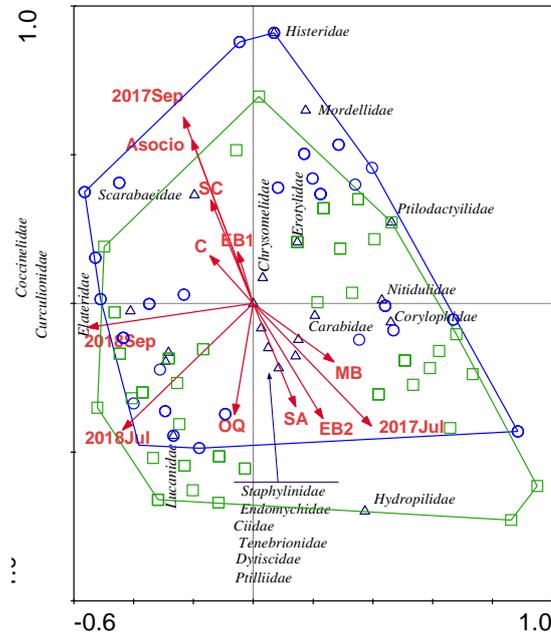
Se aprecia también que en las interacciones dobles suelo: tiempo (LRT=52.11, P=0.001) hay una gran significancia y lo mismo pasa con la interacción suelo: árboles (LRT=32.78, P=0.042) y tiempo: árboles. Y las familias que contribuyen a esa significancia son: Curculionidae (LRT=30.437, P=0.001) y Nitidulidae (LRT=21.386, P=0.002), sin embargo, en enmienda, aunque hay significancia en el análisis multivariado no existen familias que posean tendencia o significancia. En el análisis univariado las interacciones dobles suelo: árboles Staphylinidae tiene significancia (LRT=14.743, P=0.013) y en suelo:enmienda Nitidulidae posee una tendencia (LRT=10.242, P=0.071). También existen interacciones triples con valores de significancia en Chrysomelidae y Curculionidae como se amplía en (Anexo 1).

**Tabla 3.** Análisis multivariado respuesta de familias de Coleóptera por tiempo

<b>Multivariate tests:</b>	<b>Res.Df</b>	<b>Df.diff</b>	<b>Dev</b>	<b>Pr(&gt;Dev)</b>	
(Intercept)	287				
SUELO	286	1	30.45	0.084	.
TIEMPO	283	3	127.31	0.001	***
ARBOLES	281	2	48.10	0.166	
ENMIENDA	279	2	59.63	0.016	*
SUELO:TIEMPO	276	3	52.11	0.001	***
SUELO:ARBOLES	274	2	32.78	0.042	*
TIEMPO:ARBOLES	268	6	56.95	0.304	
SUELO:ENMIENDA	266	2	33.92	0.026	*
TIEMPO:ENMIENDA	260	6	63.65	0.064	.
ARBOLES:ENMIENDA	256	4	45.11	0.254	
SUELO:TIEMPO:ARBOLES	250	6	33.87	0.030	*
SUELO:TIEMPO:ENMIENDA	244	6	23.92	0.118	
SUELO:ARBOLES:ENMIENDA	240	4	38.59	0.001	***
TIEMPO:ARBOLES:ENMIENDA	228	12	35.58	0.001	***
SUELO:TIEMPO:ARBOLES:ENMIENDA	216	12	14.52	0.001	***

#### 4.2.1.2 Análisis de interacciones canónicas de las familias de Coleóptera con los factores bajo estudio por tiempo

##### a) Respuesta de familias de Coleóptera al factor Suelo



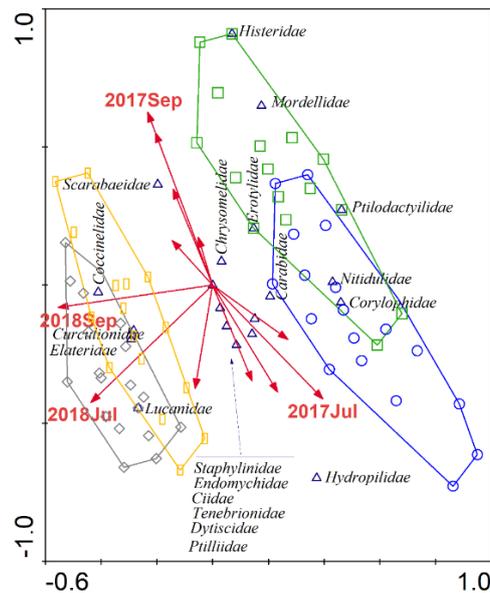
**Figura 18.** Análisis de correspondencia canónica respuesta de familias de coleópteros al factor ambiental suelo.

En el análisis de respuestas de familias de coleópteras en función del tiempo (Fig. 34), el factor suelo forma dos grupos que no se separan. La parcela baja (representada con la línea verde) o suelo aluvial (SA) tiene Hydrophilidae, esta familia está asociada a ambientes acuáticos, más de la mitad de sus especies están adaptadas a ambientes acuáticos o a biotopos en los márgenes de los afluentes (Arce, 2011), que es el que caracteriza q este tipo de suelo que tiene cercanía al mayor cuerpo de agua en el sector bajo estudio que es el Rio Piatúa.

En la parcela alta (color azul) o suelo coluvial (SC) se notan familias como Mordellidae, Histeria y Ptilodactylidae. Sin embargo, la mayor cantidad de familias al tomar en consideración el efecto del tiempo son compartidas por las dos parcelas (SA y SC), por lo que no muestran diferencia significativa en el análisis estadístico (Tabla 3). Miembros de la familia Staphylinidae uno de los representantes de los dos tipos de suelos, prefieren localizarse en ambientes silvícolas pueden ser colectados en frutos, hongos, madera en descomposición, hojarasca y debajo de rocas lo que caracteriza a la parcela del suelo aluvial y a la del suelo coluvial que tienen plantaciones silvícolas de especies no

maderables, además puede localizarse ríos, lagos y lagunas nidos de aves o madrigueras (Navarrete, 2014). Otras tantas tienden a separarse un poco del punto central como Coccinellidae y Curculionidae., los coccinélidos suelen localizarse en estratos arbustivos en zonas de transición de bosque a estepa como es el caso de SA y SC un tipo de suelo que presentan un uso de suelo de bosque secundario enriquecido con plantaciones silvícolas de *Myroxylum balsamum* y *Ocotea quixos*.

**b) Respuesta de familias de Coleóptera al factor tiempo**

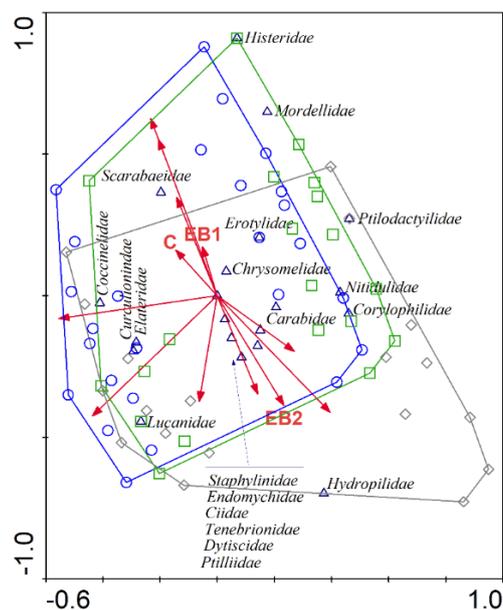


**Figura 19.** Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor tiempo

Las familias de escarabajos que están presentes en Julio 2017 (línea azul) son: Carabidae, Nitidulidae, Corylophidae (Fig. 35). La primera de ellas Carabidae tiene presencia en la humedad como lo menciona Montes de Oca *et al.*, (2007) en su estudio realizado sobre bromelias y la diversidad de carábidos en México, dicho trabajo de investigación menciona que las bromelias poseen una cobertura que brinda protección a los depredadores, pero además suministran agua lo cual es apetecido por diversos organismos edáficos en especial los carábidos que buscan la humedad de las bromelias para liberarse del estrés hídrico, los muestreos en el trabajo de investigación de Montes de Oca se realizó en los meses de Junio y Julio en varios rangos altitudinales, los resultados arrojan que el pico más alto en número de especies de carábidos ocurrió en el mes de julio el 35% del total colectado. Datos que están en concordancia con este trabajo ya que, en los muestreos del mes de julio, un mes de abundante lluvia se denota la aparición de carábidos en el año

2017. Para el otro caso de Nitidulidae han sido estudiados en sitios con características similares a las de nuestra zona de estudio, un trabajo realizado por Hernández, (2013) menciona que Saltillo y Maclova en México, sus sitios de muestreo posee una precipitación de 300 a 400 mm entre los meses de abril y julio donde se colectaron especímenes de esta familia que al igual de Corylophidae es una especie encontrada en julio de 2017, pero tiende también a ser generalista ya que tiende a irse al centro de los puntos. Scarabaeidae muestra una respuesta hacia septiembre del 2017, Nichols *et al.*, (2008) menciona que los escarabajos peloteros requieren ciertas cantidades de humedad para mezclarla con el estiércol y formar sus nudos donde sus crías van a crecer, pero también esto tiene una implicación benéfica para los suelos ya que también su acción bioturbadora hace que el estiércol se mezcle con los suelos aumentando la cantidad de microbios descomponedores, además su trabajo en la excavación de túneles subterráneos ayuda a la infiltración de agua en dependencia de las precipitaciones, en nuestro estudio se ven asociadas al mes de septiembre 2018 que posee precipitaciones variables pero en promedio es de 260 mm.

c) Respuesta de familias de Coleóptera al factor enmienda



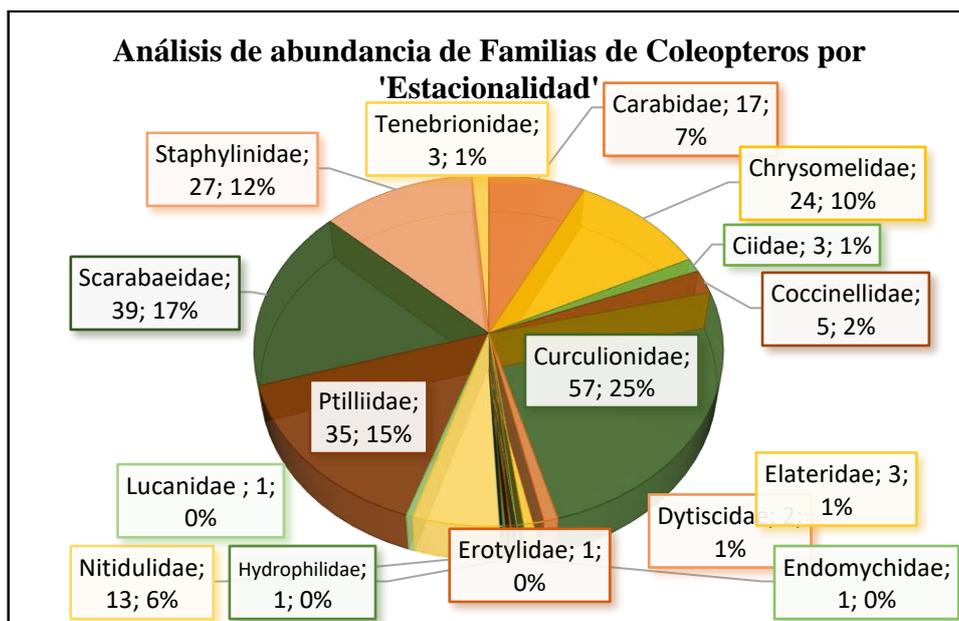
**Figura 20.** Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor enmienda

Para las respuestas de familias de coleópteros en base al factor enmienda, en el análisis de tiempo (Fig.36) se forman 2 grupos de individuos en la cual Ptilodactylidae e Hidrophylidae resultan ser representativa de la enmienda con B2, es decir, biocarbón

manufacturado. Scarabaeidae está en afinidad con B1 que es un carbón elaborado bajo condiciones controladas, para García *et al.*, (2013), este gremio de organismos está actuando como un eslabón principal en la cadena trófica del ecosistema por la degradación de madera, siendo así organismos degradadores primarios de madera que influye de manera directa en el flujo de nutrientes en el suelo, por ello esta familia puede verse atraída al carbón elaborado con (*Piptocoma discolor*) aplicado en los tratamientos de las parcelas silvícolas, son sapro-xilófagos, incluso las larvas son capaces de fragmentar madera para su desarrollo acelerando su proceso de descomposición, a su vez esta acción facilita la tarea de los descomponedores en micro flora y micro fauna. Las familias restantes se están consagrando generalistas en los 4 tiempos analizados y en las fases de control y enmiendas de B1 y B2 ya que tienen a localizarse en el asocio de los dos tratamientos y la fase de control, aquí tenemos a familias como Chrysomelidae, Erotylidae, Ciidae, Tenebrionidae que tienen una tendencia hacia el centro.

#### 4.2.2 Análisis de abundancia en familias de Coleóptera en “Estacionalidad”

Para estacionalidad (470mm, 390mm, y 260 mm) tenemos a Curculionidae con 57 que es el 25%, Ptiliidae 35 individuos que corresponden al 15%, Scarabaeidae 39 con el 17%, Staphylinidae 27 igual a 12% y Chrysomelidae 24 es 10%, Nitidulidae 13 individuos equivaliendo al 6%, siendo las más abundantes y representando de esta manera el 85% de total de familias. Como menos abundantes tenemos a Lucanidae, Erotylidae, Hydrophilidae, Endomychidae con tan solo 1 individuo cada una (Fig.21).



**Figura 21.** Análisis de abundancia de familias de Coleóptera por estacionalidad

El hecho de que varias familias formen parte del mayor porcentaje del total es que varias de ellas como: Staphyllinidae que es una de las familias más diversas ya que posee 42 000 descritas alrededor del mundo, son seres de hábitos predadores que tienen gran éxito en la representación de comunidades ecológicas, también están confinados a microhábitats húmedos y en gravas de las orillas de los ríos (Lozada, 2010), como es el caso de la parcela baja que está cercana a una fuente de agua el Rio Piatúa por ello se denomina parcela aluvial o baja. La familia Curculionidae es un grupo que explota las estructuras de las plantas, pueden aprovecharse de las raíces, tallos y hojas, pero también viven en mutualismo con hongos que se localizan en la corteza de los árboles están catalogados como plagas en algunos lugares, sin embargo, tienen función polinizadora en el ecosistema y se usan como controladores de plagas (Deloya *et al.*, 2018).

#### **4.2.2.1 Niveles de significancia, análisis de correspondencia canónica con interacción de factores ambientales por estacionalidad**

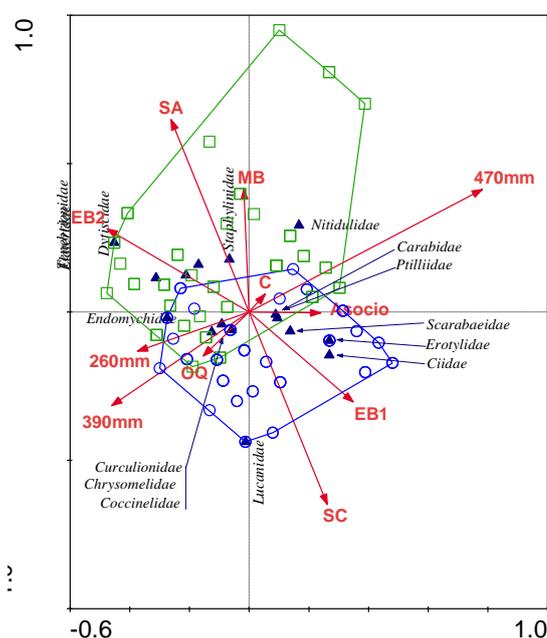
En el análisis general multivariado (Tabla 4) se miró que el suelo (Fig.22) con (LRT=29.01, P=0.022) es significativo y estación (Fig.23) es muy significativa (LRT=68.81, P=0.001), pero árboles con (LRT= 28.23, P=0.677) y enmienda (Fig.24) (LRT=35.88, P=0.261) no tienen significancia. En las interacciones dobles suelo: estación hay significancia (LRT=33.42, P=0.007), suelo: arboles (LRT=14.58, P=0.719) no tienen significancia, estación: arboles (LRT=56.64, P=0.019) si son significativos y suelo: enmienda también (LRT=37.78, P=0.016) además arboles: enmienda (LRT=57.83, P=0.021) si son significativos. Por ello al observar las interacciones triples en suelo: arboles: enmienda tenemos un alto nivel de significancia (LRT=29.12, P=0,001). El factor que es poco importante en estación para las familias de coleópteros son los árboles, pero al interactuar con el suelo y la estación soy bastante significativos (LRT=34.13, P=0.003). La familia que tiene tendencia hacia el factor suelo es Nitidulidae (LRT=1.301, P=0.942), por otra parte, Curculionidae (LRT=12.068, P=0.029) y Nitidulidae (LRT=10.657, P=0.942) poseen alto nivel de significancia en estación. Lo que da lugar a que suelo: estación (LRT=10.728. P=0.038) sean significativos para Curculionidae, suelo: enmienda (LRT=9.274, P=0.101) tienen una tendencia de Nitidulidae, después de ella vendrán interacciones triples (Anexo 2) donde se observa la significancia entre estación: arboles: enmienda en Ptiliidae.

**Tabla 4.** Análisis multivariado respuesta de familias de Coleóptera por estacionalidad

Multivariate test:					
	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	
(Intercept)	215				
SUELO	214	1	29.01	0.022	*
ESTACION	212	2	68.81	0.001	***
ARBOLES	210	2	28.23	0.677	
ENMIENDA	208	2	35.88	0.261	
SUELO:ESTACION	206	2	33.42	0.007	**
SUELO:ARBOLES	204	2	14.58	0.719	
ESTACION:ARBOLES	200	4	56.64	0.019	*
SUELO:ENMIENDA	198	2	37.78	0.016	*
ESTACION:ENMIENDA	194	4	40.52	0.202	
ARBOLES:ENMIENDA	190	4	57.83	0.021	*
SUELO:ESTACION:ARBOLES	186	4	34.13	0.003	**
SUELO:ESTACION:ENMIENDA	182	4	17.86	0.083	.
SUELO:ARBOLES:ENMIENDA	178	4	19.19	0.046	*
ESTACION:ARBOLES:ENMIENDA	170	8	29.12	0.001	***
SUELO:ESTACION:ARBOLES:ENMIENDA	162	8	0.00	0.178	

#### 4.2.2.2 Análisis de interacciones canónicas de las familias de Coleóptera con los factores bajo estudio por estacionalidad

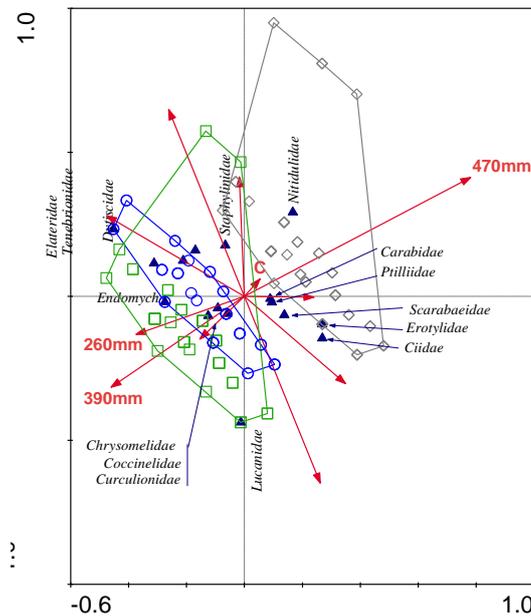
a) Respuesta de familias de Coleóptera al factor Suelo



**Figura 22.** Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor suelo

En el caso de la estacionalidad el suelo (Fig.22) presenta dos grupos distintos coluvial (línea azul) y aluvial (línea verde) Tenemos la presencia de un solo individuo de Lucanidae en el suelo coluvial (SC), Lucanidae es una familia que presenta problemas para su conservación debido a la destrucción de su hábitat para actividades pastoriles y silvícolas, esta familia es saprofílica y se alimenta de árboles viejos, ramas y tocones partes que son retiradas del terreno para establecer cultivos agrícolas o pastos para ganadería; entonces esta familia se ve gravemente perjudicada y en nuestro caso solo se identificó un individuo de la misma. También en un estudio realizado por Murria, (2009), que destaca la presencia de Lucánidos en bosques de *Pinus* y *Quercus* géneros que no tienen la misma distribución altitudinal ni bioclimática como la que observamos en el bosque de nuestra zona de estudio, ni mucho menos mantiene relación con los géneros de árboles de las plantaciones silvícolas, por ello su escasa población en los nuestros de estación. Muchas de las otras familias como. Carabidae, Ptilidae, Scarabaeidae, tienden a ser compartidas en los dos tipos de suelo.

**b) Respuesta de familias de Coleóptera al factor estación**



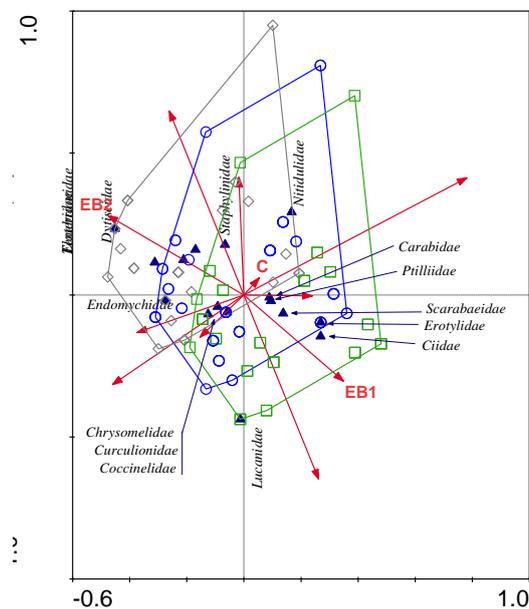
**Figura 23.** Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor estación

El análisis estacional con las precipitaciones de 470, 390 y 260mm (líneas gris, verde y azul respectivamente), se forman dos grupos diferenciados por un lado está el mes de mayor precipitación (Abril con 470mm) con una familia representativa Nitidulidae, que se localiza en el mes de pluviosidad más alta es tiene una variedad de nichos ecológicos

adaptadas a inflorescencias de plantas que acumulan humedad y material orgánico, las plantas con flores o en fase de floración con humedad abundante les ayuda a la copula y al desarrollo larvario (López, *et al.*,2011) , es por ello que se asume prefieren estaciones más a humedad en plantas y epifitas que le permitan desarrollarse y procrear. En las precipitaciones restantes 390 y 260 de julio y septiembre mm, no encontramos familias representativas, sino más bien del total de familias la gran mayoría tiende al centro; es decir, son generalistas están siendo compartidas en los meses de precipitación intermedia y menor precipitación aquí tenemos a Tenebrionidae, Dystiscidae, Coccinelidae y Elateridae, entro otras.

Para Elateridae es necesario mencionar que se han realizado estudios que demuestran que la presencia de esta familia en el Bosque tropical caducifolio o Bosque tropical seco ubicadas en una zona del estado de Jalisco en México, una gran diversidad de Elateridae y muchas especies endémicas fueron encontradas incluso en condiciones desfavorables como sequias extremas (Martínez, 2016). Lo cual se relaciona con lo que aparece en la (Fig.39) donde se evidencia la presencia de Elateridae en los meses menos lluviosos.

c) Respuesta de familias de Coleóptera al factor enmienda



**Figura 24.** Análisis de correspondencia canónica respuestas de familias de coleópteros al factor enmienda

En enmienda (Fig. 24) podemos notar la que no existe separación entre B1,B2, y C, hay muchas familias que comparten al menos dos factores este es el caso de Staphylinidae

que se localiza en C y B1, Dystiscidae comparte individuos en C y B2 al igual que Tenebrionidae, pero Hydrophilidae es propia del biocarbón 2 por lo dicho por (Arce, 2011) se puede extraer que este grupo se ve atraído hacia sustratos de origen vegetal, arenosos o lodosos, bajo cortezas podridas y troncos por lo cual tiende a estar atraída hacia los fragmentos de carbón que se aplicaron como enmienda al sitio exacto donde esta familia se colectó. Finalmente, familias como Chrysomelidae y Curculionidae no diferencias entre B1, B1, y C para mostrar abundancia. Los datos de interacción de factores en estación y efecto de una manera más ampliada se muestran en el Anexo 2.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES:

- Los órdenes de insectos holometábolos que predominaron en el estudio fueron Díptera, Coleóptera y Lepidóptera. De entre ellos el orden Díptera fue el más abundante con un total de 1566 individuos en los dos tipos de análisis, por su lado Coleóptera presentó 501 individuos siendo el segundo más abundante y finalmente Lepidóptera con 25 individuos.
- Se lograron identificar 19 familias del orden Coleóptera. Las familias con mayor número de individuos en el tiempo fueron Curculionidae, Scarabaeidae, Staphylinidae, Chrysomelidae y Nitidulidae. En estación se mantienen las mismas familias y aparece la familia Ptiliidae como más abundante, de ellas se lograron identificar algunos géneros como: *Palaminus* sp. (Staphylinidae), *Gynandrobrotica* sp (Chrysomelidae), *Deltochilum* sp (Scarabaeidae), *Megatarsis* sp (Scarabaeidae).
- En análisis multivariado de la respuesta de familias de coleópteros en los factores tiempo, estación, suelo y enmienda fueron significativos y las familias que muestran significancia a estos factores son: Curculionidae, Nitidulidae, Chrysomelidae, Staphylinidae y Ptiliidae.
- Algunas familias como Hydrophilidae, Histeridae, Endomychidae y Chrysomelidae fueron más abundantes en biocarbón.
- Entre las familias de los grupos funcionales están (Chrysomelidae y Curculionidae), coprófagos (Scarabaeidae), depredadores (Staphylinidae, Carabidae) y saprófagos/micófagos (Carabidae) son los abundantes.

## **RECOMENDACIONES:**

- Es importante que para los próximos muestreos de macrofauna edáfica si deseamos coleccionar coleópteros mencionar que podemos aplicar la combinación de trampas de caída, trampas de interacción de vuelo o de frutas, además atracción con luz.
- Al clasificar por familias a los coleópteros se recomienda revisar las últimas actualizaciones de clasificación taxonómica debido a que muchas familias se van modificando en base a estudios taxonómicos y moleculares como fue el caso de Bostrichidae que pasó de ser una familia independiente a ser una subfamilia de Curculionidae de la subfamilia Scolytinae, Dryophthoridae también desaparece que se incluye en Curculionidae.

## BIBLIOGRAFÍA:

- Aguirre, O. (1997). Hacia el manejo de los sistemas forestales. *Madera y Bosques*, 3(2), 3-11.
- Amat, A. G., Gasca, H. J., y Amat, E.G. (2005). *Guía para la cría de escarabajos*. Bogotá, Colombia: Fundación Natura-Universidad Nacional Colombia.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica*. 6ta. Edición. Caracas - República Bolivariana de Venezuela: Episteme, C.A.
- Bar, M.E. (2010). Orden Coleóptera. Biología de los Artrópodos. Recuperado de <http://exa.unne.edu.ar/biologia/artropodos/Orden%20Coleoptera.pdf>
- Besoain, E. (1985). *Mineralogía de arcillas de suelos*. San José, Costa Rica: Editorial Bib.
- Bellés, X. (2009). *Origen y Evolución de la Metamorfosis de los Insectos*. Barcelona, España: Editorial. Consejo Superior de Investigación Científicas.
- Brown, G., Da Silva, E., Thomazini, M., Niva, C., Decaëns, T., Cunha, L., Lavelle, P. (2015). The role of soil fauna in soil health and delivery of ecosystem services. *Burleigh Dodds Science Publishin, 1*, 197-241.
- Caliman, A., Silva, L., Fonseca, J. J., Fortes, V., Bozelli, R.L., Esteves, F. (2013). Biodiversity effects of benthic ecosystem engineers on the spatial patterns of sediment CH<sub>4</sub> concentration in an urban Neotropical coastal lagoon. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 25(3), 302-314.
- Castracani, C., Maienza, A., Grasso, D. A., Genesio, L., Malcevski, A., Miglietta, F., Mori, A. (2015). Interacción biochar-macrofauna: búsqueda de nuevos bioindicadores. *Elsevier, 1*, 449-456. doi: 10.1016 / j.scitotenv.2015.07.019
- Cruz, I. G., Torres, M.V., Gonzáles, X. A., Corronca, J. A. (2017). Eficiencia de trampas de caída y suficiencia taxonómica en comunidades de arañas (*Araneae*) epigeas en tres ecorregiones del noroeste argentino. *Biología Tropical*. 66(1), 204-217.
- Da Silva, R., Tomazi, M., Pezarico, R. C., Aquino, A. M. y Mercante, F.M. (2007). Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesq. Agropec. Bras, Brasilia*, 42(6), 865-871.

- De la Peña, G. y Isley, C. (2001). Los productos forestales no maderables: su potencial económico, social y de conservación. Grupo de Estudios Ambientales, México.
- Delgado, C.T. (2011). *Evolución de la diversidad vegetal en Ecuador ante un escenario de cambio global* (Tesis de pregrado). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.
- Escobar, A. C., Filella, B. J. y González, A. N. (2017). Estudio comparativo macrofauna del suelo en sistema agroforestal, potrero tradicional y bosque latifoliado en microcuenca del trópico seco, Tomabú, Nicaragua. *Revista Científica FAREM-Esteli*, 6(22), 39-49.
- Garcia, E., y Suarez, M. (2019). *Las arcillas propiedades y usos* (Tesis de pregrado). Universidad de Complutense Madrid, España.
- Garcia, S, y Martínez, N. (2014). Escarabajos Fitófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) del Departamento del Atlántico, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(1), 89-96.
- Guariguata, M. R., Fernandez, C., Nasi, R., Sheil, D., Herrero, C., Cronkleton., Ndoy, O., y Ingram, V, (2009). *Hacia un manejo múltiple en bosques tropicales : Consideraciones sobre la compatibilidad del manejo de madera y productos forestales no maderables*. Yakarta, Indonesia: CIFOR.
- Gutierrez, S. (2019). *Multiplicación, Conservación, Preservación, y Repoblamiento natural del Bálsamo de Tolú (Myroxilon balsamum), en el norte del Departamento de Sucre como estrategia de adaptación al cambio climático* (Tesis de pregrado). Universidad de Sucre, Colombia.
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., y Wolfgang, Z. (2001). The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88, 37-41. doi: 10.1007/s001140000193
- Grez, A. A., Moreno, P., Elgueta, M. (2003). Coleopteros (*Insecta: Coleoptera*) Epigeos asociados al Bosque Maulino y Plantaciones de Pino aledañas). *Revista Chilena*, 29, 9-18.
- Gonzales, M. (2004). *El terreno*. Barcelona, España: Editorial ESIC.
- Hanson, P., Springer, M., y Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3-37.
- Hojah, J. (2013). *Impacto del uso de biocarbón sobre la calidad de suelos y producción de cacao (Theobroma cacao L.) en sistemas agroforestales*, Reserva

- Indígena Bribri, Talamanca, Costa Rica* (Tesis de maestría). Centro Agronomico Tropica de Investigacion y Enseñanza, Costa Rica.
- Ibañez, J.J. (2008). Terras Pretas: Propiedades y Fertilidad (Biochar o Agrichar). Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/05/11/91490>
  - Kim, S. J., Sparovek, G., Longo, R.M., Melo, J.W., y Crowley, D. (2007). Bacterial diversity of terra preta and pristine forest soil from the Western Amazon. *Soil Biology & Biochemistry*, 39, 684-690
  - Kromp (1989). Carabid beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) as bioindicators in biological and conventional farming in Austrian potato fields. *Biology and Fertility of Soils*, 9, 182-187.
  - López, R. (2008). Productos forestales no maderables: importancia e impacto de su aprovechamiento. *Revista Colombiana Forestal*, 11, 215-231.
  - Málaga, T. J., Vera, G., y Oliveros, R. (2008). Tipos, métodos y estrategias de investigación científica. *Pensamiento y Acción*, 5: 145-154.
  - Martínez, E., Fuentes, J. P., y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Soil Sc. Plant Nutr*, 8(1), 68-98.
  - Míss, J. y Deloya, C. (2007). Observaciones sobre los coleópteros saproxilófilos (Insecta: Coleoptera) en Sotuta, Yucatán, México. *Revista Colombia de Entomología*, 33(1), 77-81.
  - Moreno, C.J., y Amat, G. D. (2015). Morfoecología de gremios en escarabajos (*Coleoptera: Passalidae*) en un gradiente altitudinal en robledales de la Cordillera Oriental, Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 64 (1), 305-319.
  - Moret, P. (2015). *Los coleópteros Carabidae del páramo en los Andes del Ecuador*. Quito, Ecuador: Librairie.
  - Naranjo, P., Kijjao, A., Giesbrecht, A.M., y Gottlieb, O. R. (1980). *Ocotea quixos*, American cinnamon. *Journal of Ethnopharmacology*, 4(2), 233-236. doi:10.1016/0378-8741(81)90038-6
  - Novonty, E. H., Hayes, M. H., Madari, B. E., Bonagamba, T. J., Azevedo, E.R., Souza, A. A., Song, G., Nogueirá, C., y Mangrich, A. (2009). Lessons from the Terra Preta de Índios of the Amazon Region for the Utilisation of Charcoal for Soil Amendment. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 20(6), 1003-1010. doi: 10.1590/s0103-50532009000600002

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019). APA Style. Recuperado de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/es/>
- Pedraza, M.C. (2008). *Fauna de Colópteros (Insecta. Coleoptera) capturados con trampas de intercepción de vuelo en Tlanchinol, Hidalgo, Mexico* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, México
- Pérez, J.C., Jimenez, E., y Padilla, J. (2015). Escarabajos atraídos a la carroña (*Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hybosoridae, Trogidae y Silphidae*), en las cañadas de Coatepec Harinas, Estado de México, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 443-450.
- Quiloango, C.A. (2019). *Diversidad de coleópteros Scarabidae, Scarabaeinae de áreas de rehabilitación en suelos agrícolas y ecosistemas sensibles a procesos de extracción petrolera en la Amazonia Ecuatoriana* (Tesis de pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas, Sangolquí.
- Reyes, M.S. (2007). *Asociación hongos-insectos xilófagos presentes en muestras de maderas ingresadas en el Laboratorio Regional del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) Osorn* (Tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Chile.
- Ruiz, G. (2019). Programa para la recuperación de suelos degradados. Chile. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR32805.pdf>
- Sánchez, C.J. (2013). *Coleópteros del suelo de la Reserva Natural Agapé (Iteicia – Amazonas)* (Tesis de pregrado). Universidad pedagógica Nacional, Bogotá.
- Sánchez, A. J., Rubiano. (2015). Procesos Específicos De Formación En Andisoles, Alfisoles Y Ultisoles En Colombia. *Revista EIA*, 12, 85-97.
- Torres, G.J. (2013). *El aprovechamiento del Ishpink Ocotea quixos. Manual de buenas prácticas de recolección*. Macas, Ecuador: LNS.
- Vázquez, M.M. (1999). *Fauna edáfica de las selvas tropicales de Quintana Roo*. Quintana , México: D.R.C
- Vaz, F., Brown, G.G., Reinaldo, C., Louzada, J., Lulzão, F.J., Wellintong, J., y Zanett, R. (2009). A importância da mesa e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores. *Artigo em periódico indexado (ALICE)*, 34(1), 39-43.
- Vélez, A.J., Verona, J.M. (2018). *Influencia de enmienda orgánica “INKAN NEGRO” a partir de Biocarbón y Gallinaza, en la optimización de la agricultura sostenible* (Tesis de pregrado). Universidad científica de Sur, Perú.

- Wilches, W., Botero, M. F. y Cortés, F. (2012). Macroinvertebrados asociados a *Guzmania mitis* L.B. Sm. (Bromeliacea), en dos fragmentos de. *Rev. Colombiana Forestal*, 16(1), 5-20.
- Zarazaga, M. A. (2015). Clase Insecta, Orden Coleóptera. *Revista IDE@-SEA*, 55, 1-18.
- Norman, F., y Joyce, B. (1950). *Borrer and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. Minneapolis, Estados Unidos: Reviews
- Wang, Y., Naumann, U., Eddelbuettel, D., Wilshire, J., Warton, D., Byrnes, J., Silva, S. R., Niku, J., Renner, I. and Wright, S. (2019) Package ‘mvabund’, Statistical Methods for Analysing Multivariate Abundance Data Version. Recuperado: <https://cran.r-project.org/web/packages/mvabund/mvabund.pdf>.
- Leps, J. and Smilauer, P. (2003) *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press. New York, Estados Unidos: Cambridge University Pres.
- Vergara, O., Jerez, V., y Parra, L. (2006). Diversidad y patrones de distribución de coleópteros en la Región del Biobío, Chile: una aproximación preliminar para la conservación de la diversidad. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79, 369-388.
- Narro, A. (2013). *Escarabajos de la savia (Coleoptera: Nitidulidae) de Coahuila, México* (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México.
- Nichols, E., Spector, S., Louzada, J., Larsen, T., Amezquita, S., and Favila, M. (2008). Ecological functions and ecosystem services provided by Scarabaeinae dung beetles. *Biological Conservation*, 141(6), 1461-1474. doi: 10.1016/j.biocon.2008.04.011
- Martínez, A. (2016). Los lucánidos (*Coleoptera, Lucanidae*) de la provincia de Málaga, sur de España. *Boletín de la SAE*, 26 (26), 01-11.
- García, S., Hernández, M., and Locarno, P. (2015). Escarabajos fitófagos (*Coleoptera; Scarabaeidae*) en un fragmento de bosque seco tropical del departamento del Atlántico, Colombia. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(3), 754-763. doi: 10.1016/j.rmb.2015.07.009
- Costa, C., y Ide, S. (2006). *Insectos inmaduros: metamorosis e indentificación*. Zaragoza, España: Sociedad Entomológica Aragonesa:Riber

- Torres, U., Pérez, C., y Herrería, D. (2014). Efecto de los factores ambientales sobre la diversidad de insectos hemimetábolos y coleópteros acuáticos en la cuenca del Río Xichú, Guanajuato, México. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), 69-80.
- Zúñiga, Á. (2011). Los coccinélidos (*Coleoptera: Coccinellidae*) de la región de Magallanes: nuevos registros y distribución regional. *Anales Instituto Patagonia (Chile)*, 39(1), 59-71.
- García, S., y Martínez, H. (2014). Escarabajos Fitófagos (*Coleoptera: Scarabaeidae*) del Departamento del Atlántico, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 31(1), 89-96.
- Fernández, J., y Fernández, E. (2010). Las especies del género *Curculio* (*Coleoptera, Curculionidae*) del parque nacional de cabañeros (ciudad real, España). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 46, 265-272.
- Lozada, A. (2010). Comunidades de estafilínidos (*Coleoptera: Staphylinidae*) de topes de collantes, sancti spíritus, Cuba. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*. 46, 301-306.
- Navarra, A. (2009). *Lucanus Tetraodon* Thunberg, 1806, nuevo lucánido para la península ibérica (*Coleoptera, Lucanidae*). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 45, 289-291.
- Zapata, A. (2009). Técnicas generales de recolección y conservación de invertebrados. Recuperado de: [https://japt.es/animalia/claves/met\\_colect-cons.pdf](https://japt.es/animalia/claves/met_colect-cons.pdf)

# ANEXOS:

## Anexo 1. Tabla de análisis multivariado y univariado de interacciones en efecto

MODELO 1=GENERAL

Model: manyglm(formula = FamiliasT ~ Efecto\$SUELO \* Efecto\$TIEMPO \*

Model: Efecto\$ARBOLES \* Efecto\$ENMIENDA, family = "negative\_binomial")

Multivariate tests:

Univariate tests:

	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Chrysomelidae		Curculionidae		Nitidulidae		Staphylinidae		
					Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	
(Intercept)		287											
SUELO		286	1 30.45	0.084	.	0	1.000	0.723	0.990	0.066	1.000	0.021	1.000
TIEMPO		283	3 127.31	0.001	***	4.478	0.914	30.437	0.001	21.386	0.002	2.91	0.914
ARBOLES		281	2 48.10	0.166	.	1.605	0.999	0.547	0.999	1.802	0.999	0.935	0.999
ENMIENDA		279	2 59.63	0.016	*	5.482	0.601	1.164	0.990	1.745	0.990	5.821	0.511
SUELO:TIEMPO		276	3 52.11	0.001	***	3.679	0.784	11.529	0.093	3.236	0.784	9.261	0.212
SUELO:ARBOLES		274	2 32.78	0.042	*	0.454	0.992	0.916	0.992	5.159	0.553	14.743	0.013
TIEMPO:ARBOLES		268	6 56.95	0.304	.	6.379	0.970	8.178	0.910	5.734	0.970	6.448	0.970
SUELO:ENMIENDA		266	2 33.92	0.026	*	1.131	0.856	3.349	0.856	10.242	0.071	2.957	0.856
TIEMPO:ENMIENDA		260	6 63.65	0.064	.	12.179	0.415	6.729	0.844	4.898	0.934	4.002	0.936
ARBOLES:ENMIENDA		256	4 45.11	0.254	.	12.519	0.312	0.446	0.982	5.819	0.921	2.227	0.953
SUELO:TIEMPO:ARBOLES		250	6 33.87	0.030	*	4.234	0.863	13.024	0.108	4.734	0.835	1.942	0.863
SUELO:TIEMPO:ENMIENDA		244	6 23.92	0.118	.	2.825	0.845	2.809	0.845	1.727	0.845	3.628	0.786
SUELO:ARBOLES:ENMIENDA		240	4 38.59	0.001	***	4.011	0.768	1.136	0.925	8.056	0.308	0.764	0.925
TIEMPO:ARBOLES:ENMIENDA		228	12 35.58	0.001	***	7.69	0.225	13.972	0.025	4.814	0.225	6.403	0.225
SUELO:TIEMPO:ARBOLES:ENMIENDA		216	12 14.52	0.001	***	14.509	0.001	0.002	0.402	0.001	0.402	0.001	0.480

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

MODELO 2=PA									MODELO 3=PB												
manyglm(formula = FamiliasPA ~ PA\$TIEMPO * PA\$ARBOLES * PA\$ENVI									la = FamiliasPB ~ PB\$TIEMPO * PB\$ARBOLES * PB\$ENMIENDA, PB\$ARB												
Mode2: family = "negative binomial")									Model: family = "negative binomial")"negative_binomial")												
Multivariate tests:				Univariate tests:					Multivariate tests:				Univariate tests:								
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Curculionidae Pr(>Dev)	Dev	Staphylinidae Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Curculionidae Pr(>Dev)	Dev	Nitidulidae Pr(>Dev)	Dev	Ptiliidae Pr(>Dev)	Dev	Staphylinidae Pr(>Dev)				
143										143											
140	3	92.19	0.001 ***		18.139	0.003	8.76	0.231		140	3	88.64	0.001 ***	25.563	0.001	13.915	0.020	3.975	0.939	3.849	0.939
138	2	39.60	0.078 .		0.463	0.997	14.358	0.010		138	2	41.31	0.134	0.205	0.971	3.618	0.908	2.813	0.941	2.318	0.941
136	2	42.17	0.047 *		1.278	0.976	1.309	0.976		136	2	50.17	0.009 **	4.062	0.746	4.416	0.726	2.007	0.925	6.791	0.352
130	6	44.60	0.140		13.564	0.102	0.025	0.980		130	6	46.01	0.066 .	7.007	0.566	2.562	0.791	6.309	0.566	7.435	0.566
124	6	35.79	0.413		2.566	0.976	3.951	0.964		124	6	49.97	0.012 *	6.794	0.387	3.731	0.650	9.058	0.361	3.256	0.650
120	4	48.81	0.012 *		0.609	0.988	1.636	0.978		120	4	32.85	0.047 *	2.231	0.898	4.227	0.792	6.763	0.430	1.774	0.898
108	12	25.21	0.003 **		9.037	0.017	2.365	0.236		108	12	24.45	0.001 ***	4.313	0.070	5.116	0.060	0.002	0.181	3.923	0.070

MODELO 4:PA2017Jul						MODELO 5:PA2017Sep						MODELO 6:PA2018Jul					
Model: manyglm(formula = FamiliasPB2017Jul ~ PB2017Jul\$ARBOLES						Model: manyglm(formula = FamiliasPA2017Sep ~ PA2017Sep\$ARBOLES * PA2017Sep\$ENMIENDA,						Model: manyglm(formula = FamiliasPA2018Jul ~ PA2018Jul\$ARBOLES * PA2018Jul\$ENMIENDA,					
Model: family = "negative binomial")						Model: family = "negative binomial")						Model: family = "negative binomial")					
Multivariate tests:				Univariate tests:		Multivariate tests:				Univariate tests:		Multivariate tests:				Univariate tests:	
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Chrysomelidae Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Chrysomelidae Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)		
35						35						35					
33	2	19.80	0.316	0.471	0.979	33	2	16.73	0.511	0.256	0.959	33	2	13.82	0.633		
31	2	13.99	0.719	0	1.000	31	2	25.38	0.064 .	7.428	0.094	31	2	15.98	0.405		
27	4	26.64	0.007 **	8.318	0.071	27	4	14.50	0.040 *	2.947	0.573	27	4	20.96	0.006		

MODELO 7:PA2018Sep				MODELO 8:PB2017Jul									
glm(formula = FamiliasPA2018Sep~ PA2018Sep\$ARBOLES * PA2018Sep Model: family = "negative binomial")				Model: manyglm(formula = FamiliasPB2017Jul~ PB2017Jul\$ARBOLES * PB2017Jul\$ENMIENDA, Model: family = "negative binomial")									
Multivariate tests:				Multivariate tests:				Univariate tests:					
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Chrysomelidae		Nitidulidae		Ptiliidae	
	35			Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)
	33	2 30.90	0.024 *	33	2 13.90	0.716		0	1.000	3.158	0.802	0.335	0.997
	31	2 19.82	0.209	31	2 27.69	0.018 *		3.175	0.534	6.448	0.128	6.639	0.128
	27	4 12.20	0.216	27	4 14.54	0.054 .		7.464	0.078	1.024	0.541	2.226	0.541

MODELO 9:PB2017Sep				MODELO 10:PB2018Jul				MODELO 11:PB2018Sep										
Model: manyglm(formula = FamiliasPB2017Sep~ PB2017Sep\$ARBOLES * PB2017Sep\$ENMIENDA, Model: family = "negative binomial")				= FamiliasPB2018Jul~ PB2018Jul\$ARBOLES Model: family = "negative binomial")				Model: manyglm(formula = FamiliasPB2018Sep~ PB2018Sep\$ARBOLES * PB2018Sep\$ENMIENDA, Model: family = "negative binomial")										
Multivariate tests:				Univariate tests:				Multivariate tests:				Univariate tests:						
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Chrysomelidae	Dev	Nitidulidae	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Ptiliidae	Pr(>Dev)
	35				Pr(>Dev)		Pr(>Dev)	35				35					Pr(>Dev)	
	33	2 25.11	0.225	8.109	0.052	0.891	0.989	33	2	16.02	0.344	33	2	27.579	0.077 .	3.538	0.746	
	31	2 23.02	0.258	5.804	0.212	0.344	0.989	31	2	23.32	0.053 .	31	2	25.039	0.105	1.273	0.956	
	27	4 20.75	0.008 **	0.483	0.568	8.018	0.084	27	4	10.90	0.176	27	4	9.179	0.020 *	4.053	0.116	

**Anexo 2.** Tabla de análisis multivariado y univariado de interacciones en estacionalidad

MODELO1: GENERAL

Model: manyglm(formula = FamiliasT ~ Estacion\$SUELO \* Estacion\$ES

l: Estacion\$ARBOLES \* Estacion\$ENMIENDA, family = "negative\_bino

	Multivariate test:				Univariate tests:						
	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Curculionidae		Nitidulidae		Ptilliidae		
					Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	Dev	Pr(>Dev)	
(Intercept)	215										
SUELO	214	1	29.01	0.022	*	0.755	0.946	1.301	0.942	0.164	0.967
ESTACION	212	2	68.81	0.001	***	12.068	0.029	10.657	0.048	5.556	0.352
ARBOLES	210	2	28.23	0.677		0.622	1.000	0.647	1.000	0.495	1.000
ENMIENDA	208	2	35.88	0.261		0.04	0.998	0.061	0.998	4.314	0.802
SUELO:ESTACION	206	2	33.42	0.007	**	10.728	0.038	3.016	0.715	2.99	0.715
SUELO:ARBOLES	204	2	14.58	0.719		2.936	0.906	0.095	0.998	0.802	0.995
ESTACION:ARBOLES	200	4	56.64	0.019	*	4.051	0.932	4.828	0.894	9.353	0.486
SUELO:ENMIENDA	198	2	37.78	0.016	*	3.42	0.715	9.274	0.101	3.135	0.715
ESTACION:ENMIENDA	194	4	40.52	0.202		6.864	0.751	1.855	0.963	1.65	0.963
ARBOLES:ENMIENDA	190	4	57.83	0.021	*	0.226	0.994	5.222	0.765	7.724	0.572
SUELO:ESTACION:ARBOLES	186	4	34.13	0.003	**	13.893	0.021	0.004	0.314	4.014	0.314
SUELO:ESTACION:ENMIENDA	182	4	17.86	0.083	.	2.631	0.783	0.004	0.783	2.486	0.783
SUELO:ARBOLES:ENMIENDA	178	4	19.19	0.046	*	2.25	0.769	0.001	0.934	5.633	0.480
ESTACION:ARBOLES:ENMIENDA	170	8	29.12	0.001	***	11.422	0.014	0.001	0.667	10.166	0.014
SUELO:ESTACION:ARBOLES:ENMIEN	162	8	0.00	0.178		0.001	0.437	0.001	0.437	0.001	0.437

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

MODELO4:PA470mm Model: manyglm(formula = FamiliasPA470mm Model: family = "negative binomial")						MODELO5:PA390mm Model: manyglm(formula = FamiliasPA390mm ~ PA390mm\$ARBOLES * Model: family = "negative binomial")						MODELO6:PA260mm Model: manyglm(formula = FamiliasPA260mm Model: family = "negative binomial")							
Multivariate test:						Multivariate test:						Multivariate test:							
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)		Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)		Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)		Pr(>Dev)		
35						35						35							
33	2	18.05	0.529		1.000	33	2	13.82	0.656			33	2	30.90	0.024		*		
31	2	17.49	0.473		1.000	31	2	15.98	0.409			31	2	19.82	0.229				
27	4	21.83	0.039	*	1.000	27	4	20.96	0.006	**		27	4	12.20	0.216				
MODELO2_PA Model: manyglm(formula = FamiliasPA ~ PA\$ESTACION * PA\$ARBOI Model: family = "negative binomial")						MODELO3:PB Model: manyglm(formula = FamiliasPB ~ PB\$ESTACION * PB\$ARBOI Model: family = "negative binomial")													
Multivariate test:						Multivariate test:													
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Curculionidae Dev	Pr(>Dev)	Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Chrysomelidae Dev	Pr(>Dev)	Curculionidae Dev	Pr(>Dev)	Nitidulidae Dev	Pr(>Dev)	Ptilliidae Dev	Pr(>Dev)	Staphylinidae Dev	Pr(>Dev)
107						107													
105	2	52.67	0.002 **	9.827	0.058	105	2	50.81	0.003 **	1.278	0.992	14.284	0.010	8.99	0.085	4.719	0.487	1.096	0.992
103	2	20.66	0.806	1.655	0.999	103	2	21.65	0.691	0.652	0.995	0.954	0.995	0.147	0.995	1.261	0.995	0.563	0.995
101	2	35.42	0.073 .	1.2	0.977	101	2	36.56	0.081 .	0.76	0.918	2.822	0.910	4.055	0.787	5.064	0.639	2.383	0.910
97	4	47.27	0.007 **	11.428	0.125	97	4	42.16	0.020 *	4.503	0.667	6.207	0.607	3.247	0.667	4.154	0.667	6.917	0.606
93	4	18.34	0.707	1.601	0.967	93	4	43.80	0.005 **	4.924	0.760	8.085	0.362	1.153	0.768	2.889	0.768	4.029	0.768
89	4	43.81	0.008 **	1.862	0.930	89	4	30.01	0.164	12.272	0.096	1.578	0.975	1.44	0.975	3.609	0.949	2.293	0.975
81	8	10.73	0.023 *	6.219	0.094	81	8	17.21	0.002 **	0.004	0.251	4.965	0.082	0.001	0.332	8.09	0.029	4.153	0.082

MDOELO7:PB470mm a = FamiliasPB470mm ~ PB470mm\$ARBOLES * Model: family = "negative binomial")							MODELO8:PB390mm a = FamiliasPB390mm ~ PB390mm\$ARBOLES * Model: family = "negative binomial")							MODELO9:PB260mm a = FamiliasPB260mm ~ PB260mm\$ARBOLES * Model: family = "negative binomial")						
test:							Multivariate tests:				Univariate tests:			Multivariate test:						
Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Scarabaeidae			Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Curculionidae		Res.Df	Df.diff	Dev	Pr(>Dev)	Ptiliidae			
				Dev	Pr(>Dev)					Dev	Pr(>Dev)					Dev	Pr(>Dev)			
35							35					35								
33	2	17.56	0.670	2.271	0.964		33	2	16.02	0.360	1.164	0.850	33	2	27.579	0.089	3.538	0.734		
31	2	29.51	0.109	9.773	0.047		31	2	23.32	0.042	*	7.369	0.098	31	2	25.039	0.096	1.273	0.933	
27	4	26.62	0.017	*	0	0.696	27	4	10.90	0.199	2.045	0.869	27	4	9.179	0.027 *	4.053	0.105		

**Anexo 3:** Composición taxonómica y funcional del orden Coleóptera

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	MORFOESPECIE	GRUPO FUNCIONAL
ARTHROPODA	INSECTA	COLEOPTERA	CABABIDAE	CarabidaeIndCOLP06	Depredadores
				CarabidaeIndCOL23	Depredadores
				CarabidaeIndCOLP29	Depredadores
				CarabidaeIndCOLP40	Depredadores
				CarabidaeIndCOLP44	Depredadores
			CHRYSOMELIDAE	ChrysomelidaeIndCOLP19	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP20	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP27	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP30	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP33	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP39	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP45	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP48	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP54	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP59	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP64	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP70	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP74	Fitógagos
				ChrysomelidaeIndCOLP76	Fitógagos
			ChrysomelidaeIndCOLP85	Fitógagos	
			FAMILIA CIIDAE	CiidaeIndCOLP57	Micófagos
				CiidaeIndCOLP07	Micófagos
			FAMILIA COCCINELLIDAE	CoccinellidaeIndCOLP35	Depredadores
			FAMILIA CORYLOPHIDAE	CorylophidaeIndCOLP75	Micófagos
			FAMILIA CURCULLIONIDAE	CurculionidaeIndCOLP03	Fitófagos
				CurculionidaeIndCOLP09	Fitófagos
				CurculionidaeIndCOLP36	Fitófagos
				CurculionidaeIndCOLP50	Fitófagos

			CurculionidaeIndCOLP41	Fitófagos
		FAMILIA DYSTISCIDAE	DystiscidaeIndCOLP28	Omnívoro
			DystiscidaeIndCOLP46	Omnívoro
			DystiscidaeIndCOLP87	Omnívoro
		FAMILIA ENDOMYCHIDAE	EndomychidaeIndCOLP61	Micófagos
			EndomychidaeIndCOLP86	Micófagos
		FAMILIA ELATERIDAE	ElateridaeIndCOLP42	Omnívoro
			ElateridaeIndCOLP43	Omnívoro
			ElateridaeIndCOLP58	Omnívoro
		FAMILIA EROTYLIDAE	ErotylidaeIndCOLP01	Micófagos
			ErotylidaeIndCOLP89	Micófagos
		FAMILIA HISTERIDAE	HisteridaeIndCOLP83	Depredadores
		FAMILIA HIDROPHILIDAE	HydrophilidaeIndCOLP67	Omnívoros
		FAMILIA MORDELLIDAE	MordellidaeIndCOLP79	Fitófagos
			MordellidaeIndCOLP81	Fitófagos
			MordellidaeIndCOLP82	Fitófagos
		FAMILIA NITIDULIDAE	NitidulidaeIndCOLP02	Saprófago/ Micófago
		FAMILIA LUCANIDAE	LucanidaeIndCOLP37	Fitógfagos
		FAMILIA PTILIIDAE	PtiliidaeIndCOLP04	Micófagos
			PtiliidaeIndCOLP77	Micófagos
		FAMILIA	PtilodactylidaeIndCOLP88	Desconocido

			PTILODACTYLIDA E		
			FAMILIA SCARABAEIDAE	ScarabaeidaeIndCOLP10	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP12	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP14	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP15	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP16	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP17	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP22	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP26	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP28	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP56	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP69	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP72	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP78	Coprófagos
				ScarabaeidaeIndCOLP84	Coprófagos
			FAMILIA STAPHYLINIDAE	StaphylinidaeIndCOLP11	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP18	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP21	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP24	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP25	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP32	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP34	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP51	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP52	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP55	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP60	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP63	Depredadores
				StaphylinidaeIndCOLP68	Depredadores
			StaphylinidaeIndCOLP73	Depredadores	
			FAMILIA TENEBRIONIDAE	TenebrionidaeIndCOLP31	Omnívoro
				TenebrionidaeIndCOLP62	Omnívoro
				TenebrionidaeIndCOLP90	Omnívoro

**Anexo 4:** Fotografías representantes de cada familia de coléoptera

A, Carabidae, B Chrysomelidae, C Ciidae, D Coccinelidae, E Corylophidae, F Curculionidae, G Dystiscidae, H Elateridae, I Endomychidae, J Erotylidae, K Histeridae, L Hyrdophilidae, M Mordellidae, N Nitidulidae, O Lucanidae, P Ptiliidae, Q Ptilodactylidae, R Scarabaeidae, S Staphylinidae, T Tenebrionidae, U Larvas no identificadas.



**A**



**B**



**C**



**D**



**E**



**F**



**G**



**H**





**Anexo 5:** Permiso de colecta otorgado por el Ministerio del Ambiente



MAE-DNB-CM-2018-0087

**COMPARECIENTES:**

A la suscripción del presente **Contrato Marco de Acceso a los Recursos Genéticos** comparecen, por una parte el **MINISTERIO DEL AMBIENTE**, a través de la Subsecretaría de Patrimonio Natural, legalmente representado por el **LCDO. LÓPEZ MORA ALFREDO DANILO**, en su calidad de Subsecretario de Patrimonio Natural, conforme se desprende de la Acción de Personal Nro. 0945 de 02 de mayo de 2018, delegado de la máxima autoridad mediante Acuerdo Ministerial Nro. 024 de 09 de marzo de 2016, publicado en el Registro Oficial Nro. 725 de 04 de abril de 2016, a quien en adelante se le denominará "**MAE**"; y, por otra parte, la **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**, debidamente representada por el **Dr. C. JULIO CESAR VARGAS BURGOS PhD.**, en su calidad de Rector, conforme se desprende de la copia de la Acción de Personal Nro. 250-UEA-DTH-2016 de 30 de marzo de 2016 que se agrega como documento habilitante y a quien en adelante se le denominará "**UEA**";

**Fotografía 1.** Contrato de acceso a recursos genéticos MAE 2018

**Anexo 6:** Fotografías en fases del proyecto



**Fotografía 1:** Traslado de materiales



**Fotografía 2:** Colocación de trampas Pitfall



**Fotografías 3:** Colecta de muestras



**Fotografías 4:** Traslado de muestras al laboratorio



**Fotografía 5:** Clasificación taxonómica de invertebrados



**Fotografía 6:** Identificación de ordenes



**Fotografía 7:** Identificación de familias