

**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**CENTRO DE POSTGRADOS**

**MAESTRÍA EN SILVICULTURA**

**MENCIÓN MANEJO Y CONSERVACIÓN DE  
RECURSOS FORESTALES**

**TÍTULO A OBTENER: MAGISTER EN SILVICULTURA**

**PROYECTO DE INNOVACIÓN**

Mesofauna asociada a procesos de restauración forestal con biocarbón en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica.

**AUTOR:** Luis Arnulfo Azogue Punina

**DIRECTOR:** M.Sc. Pedro Dimían Ríos Guayasamín

**PUYO – ECUADOR  
2019**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Luis Arnulfo Azogue Punina** con cedula de identidad N° **020194305-7**, declaro ante las autoridades de la Universidad Estatal Amazónica, que el contenido del Proyecto de Innovación titulado: **“MESOFAUNA ASOCIADA A PROCESOS DE RESTAURACIÓN FORESTAL CON BIOCARBÓN EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y CONSERVACIÓN AMAZÓNICA”**, es original autentica y personal.

En tal virtud y según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente, certifico libremente que los criterios y opiniones que consta en el presente Proyecto de Investigación y Desarrollo son de exclusiva responsabilidad del autor; y que los resultados presentes pertenecen a la Universidad Estatal Amazónica.



---

**LUIS ARNULFO AZOGUE PUNINA**  
**C.I. 020194305-7**

**AUTOR**



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**CENTRO DE POSTGRADOS**

**AVAL**

Quien suscribe M.Sc. Pedro Damián Ríos Guayasamín, director de trabajo de titulación, modalidad proyecto de innovación titulado: “MESOFAUNA ASOCIADA A PROCESOS DE RESTAURACIÓN FORESTAL CON BIOCARBÓN EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y CONSERVACIÓN AMAZÓNICA”, a cargo de Luis Arnulfo Azogue Punina, egresado de la primera cohorte de la Maestría de Silvicultura mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales de la Universidad Estatal Amazónica.

Certifico haber acompañado el proceso de elaboración del Proyecto de Innovación y considero cumple los lineamientos y orientaciones establecidas en la normativa vigente de la institución, por lo que se encuentra listo para ser sustentado.

Por lo antes expuesto se avala el proyecto de innovación para que sea presentada ante la Dirección de Postgrado como forma de titulación de Magister en Silvicultura – mención Manejo y Conservación de Recursos Forestales y que dicha instancia considere el mismo a fin de que tramite lo que corresponda.

Para que así conste, firmo la presente al 18 de junio del 2019

Atentamente,

Ing. Pedro Damián Ríos Guayasamín, M.Sc.

**DIRECTOR DE TESIS**

**DOCENTE TITULAR DE LA UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND



Oficio No. 029-SAU-UEA-2019

Puyo, 21 de junio de 2019

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Innovación correspondiente a la Ing. AZOGUE PUNINA LUIS ARNULFO, con C.I. 0201943057, con el Tema: **"MESOFAUNA ASOCIADA AL PROCESO DE RESTAURACIÓN FORESTAL CON BIOCARBON EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y CONSERVACIÓN AMAZÓNICA"**, de la maestría en Silvicultura, Mención Manejo y Conservación De Recursos Forestales, Director de proyecto Ing. Pedro Damián Ríos Guayasamín, M.Sc, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 11 %, Informe generado con fecha 18 de junio de 2019 por parte del director, conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.  
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND - UEA - .

# CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

**EL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN  
CERTIFICA QUE:**

El presente trabajo: **MESOFAUNA ASOCIADA A PROCESOS DE RESTAURACIÓN FORESTAL CON BIOCARBÓN EN EL CENTRO DE INVESTIGACIÓN, POSGRADO Y CONSERVACIÓN AMAZÓNICA**, bajo responsabilidad del egresado Ing. Luis Arnulfo Azogue Punina ha sido meticulosamente revisado, autorizando su presentación:

## **MIEMBROS DEL TRIBUNAL**

.....

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**Dra. Carolina Bañol Pérez, PhD**

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**Dr. Diego Gutiérrez del Pozo, PhD**

.....

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

**Ing. Sandra Luisa Soria Re, Ms.C**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi mayor agradecimiento es para el criador del cielo y la tierra, “**DIOS**” por permitir llegar a esta instancia de la vida, llenándome de bendiciones.

A mis padres: **José y María** quienes fueron y serán siempre el motivo de inspiración para el logro de mis metas, sabiamente inculcaron valores, respeto y la responsabilidad lo cual llevo como herencia infinita.

A tutor de mi proyecto M.Sc. Pedro Ríos, por el apoyo incondicional en la dirección de la presente investigación.

A la Universidad Estatal Amazónica lugar donde he formado como profesional.

*Luis Azogue*

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Jessica Santillán, mis Hijos: Luis David y José Luis, por el apoyo y el amor brindado en este proceso, quienes son inspiración de seguir adelante.

*Luis Azogue*

## RESUMEN

El propósito de este proyecto fue evaluar la diversidad y abundancia de la mesofauna en dos parcelas alta y baja, ubicados a las riveras del río Piatúa del Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA), las parcelas están diseñadas con tres tratamientos silvícolas canela (*Ocotea quixos*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*) y la asociación; donde se encuentran aplicadas la enmienda de: biocarbón manufacturado B1, biocarbón tradicional B2 y el control C. La recolección de las muestras de suelo y hojarasca en campo se realizó utilizando un cilindro de 4 pulgadas, con un diámetro de 13 cm y un área de 132,73 cm<sup>2</sup>. El proceso de secado se realizó mediante los embudos Berlese-Tullgren por un periodo de siete días para cada muestra; seguido se procede a la identificación y clasificación en laboratorio.

Se obtuvieron en total de 5003 individuos de la mesofauna colectada divididos en: 5 órdenes (Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera, Isoptera, Isopoda); una clase (Diplura) y 3 subclases (Collembola, Oligochaeta y Acari). Al realizar el análisis estadístico se demuestra que no existen diferencias significativas de la abundancia de la mesofauna en los tratamientos donde se aplicaron la enmienda de biocarbón con respecto a los tratamientos que no se aplicaron la enmienda.

**Palabras claves:** Mesofauna, organismos que se encuentran toda su vida en el suelo participando en el proceso de descomposición de la materia orgánica.

## ABSTRACT

The purpose of this project was to evaluate the diversity and abundance of the mesofauna in two high and low plots, located on the banks of the piatúa river of the Center for Research, Postgraduate and Conservation of the Amazon (CIPCA), the plots are designed with three silvicultural treatments cinnamon (*Ocotea quixos*), balsam (*Myroxylon balsamum*) and the association; where the amendment of: manufactured biochar B1, traditional biochar B2 and control C. are applied. The collection of soil and litter samples in the field was carried out using a 4-inch cylinder, with a diameter of 13 cm and an area of 132.73 cm<sup>2</sup>. The drying process was carried out using the Berlese-Tullgren funnels for a period of seven days for each sample; followed by identification and classification in the laboratory.

A total of 5003 individuals were obtained from the collected mesofauna divided into: 5 orders (Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera, Isoptera, and Isopoda); one class (Diplura) and 3 subclasses (Collembola, Oligochaeta and Acari). When performing the statistical analysis, it is shown that there are no significant differences in the abundance of the mesofauna in the treatments where the biochar amendment was applied with respect to the treatments that did not apply the amendment.

**Key words:** Mesofauna, organisms that are all their life in the soil participating in the decomposition process of organic matter.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO.....	2
1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>4</b>
<b>2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Restauración forestal.....	4
2.2. Mesofauna .....	7
2.2.1. Filo Annelida .....	8
2.2.2. Filo Artrópoda .....	8
2.2.3. Filo Molusco.....	12
2.3. El biocarbón .....	12
2.3.1. Proceso de la fabricación del biocarbón.....	14
2.4. Especies forestales, taxonomía, origen, descripción botánica, ecología, distribución .....	14
2.4.1. <i>Ocotea quixos</i> , (LAM) KOSTERM, canela amazónica .....	14
2.4.2. <i>Myroxylon balsamum</i> (L.) HARSM, bálsamo.....	15
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>17</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1. Localización .....	17
3.2. Tipo de Investigación .....	18
3.3. Métodos de investigación .....	18
3.3.1. Diseño experimental .....	19
3.3.2. Análisis estadístico.....	19
3.4. Recolección de las muestras de campo .....	19

3.4.1.	Periodo de colecta.....	19
3.5.	Recolección de las muestras de mesofauna hojarasca.....	<b>19</b>
3.5.1.	Recolección de las muestras de mesofauna del suelo .....	20
3.6.	Proceso de secado de las muestras .....	<b>20</b>
3.6.1.	Instalación de lámparas, embudos Berlese-Tullgren.....	20
3.7.	Colocación de las muestras para el secado.....	<b>20</b>
3.8.	Identificación de la mesofauna en laboratorio. ....	<b>20</b>
<b>CAPITULO IV .....</b>		<b>21</b>
4.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Abundancia de la mesofauna .....	21
4.2.	Abundancia de mesofauna evaluado en la parcela alta compartimento ecológico suelo.....	22
4.3.	Abundancia de la mesofauna evaluado en la parcela alta compartimento ecológico hojarasca.....	23
4.4.	Abundancia de la mesofauna evaluado en la parcela baja compartimento ecológico suelo.....	24
4.5.	Abundancia de mesofauna evaluado en la parcela baja compartimento ecológico hojarasca.....	25
4.6.	Abundancia de mesofauna evaluado para identificar las influencias de la aplicación de la enmienda biocarbón .....	26
4.7.	Abundancia de mesofauna evaluado con respecto a los arreglos silvícolas.....	27
4.8.	Graficas de análisis de medias truncadas .....	28
4.9.	Resultados obtenidos mediante análisis estadístico aplicando programa R paquete mvabund .....	30
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>36</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>36</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>		<b>37</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Órdenes, subórdenes y subfamilias de mesofauna identificadas en la parcela alta, baja compartimento suelo y hojarasca..... **21**

Tabla 2. Clase, Subclase de individuos de mesofauna identificadas en las parcelas alta y baja compartimento ecológico suelo y hojarasca..... **22**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica del área de estudio y localización de las parcela alta y baja. ....	17
Figura 2. Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta compartimento ecológico suelo.....	23
Figura 3. Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta compartimento ecológico hojarasca. ....	24
Figura 4. Individuos de mesofauna identificado en la parcela baja compartimento ecológico suelo. ....	25
Figura 5. Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela baja compartimento ecológico suelo.....	25
Figura 6. Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta compartimento suelo y hojarasca con respecto a la aplicación de la enmienda de biocarbón (B1, B2, C). ....	26
Figura 7. Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C). ....	27
Figura 8. Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C). ....	27
Figura 9. Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C). ....	28
Figura 10. Abundancia de individuos de Hemiptera con respecto al biocarbón.....	28
Figura 11. Existencia de individuos de Oligochaeta con respecto a los arreglos silvícolas .....	29
Figura 12. Existencia de individuos de Acari con respecto a los arreglos silvícolas.....	29
Figura 13. Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja .....	30
Figura 14. Mesofauna en comparación entre parcela y compartimento ecológico ..	31
Figura 15. Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja con respecto al compartimento ecológico suelo.....	32

Figura 16. Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja con respecto al compartimento ecológico hojarasca .....	33
Figura 17. Mesofauna en la parcela alta compartimento ecológico .....	33
Figura 18. Mesofauna en la parcela baja con respecto al compartimento ecológico	34
Figura 19. Diferencia en la parcela baja con respecto a árboles.....	35

# 1. CAPÍTULO I

## 2. INTRODUCCIÓN

A todos los pequeños invertebrados de entre 0,2 y 2 mm de longitud corporal que viven en el suelo se le conoce como mesofauna; controlan el ciclo de nutrientes activamente mediante la depredación de nematodos, protozoos y hongos; la mayoría de la mesofauna interactúa con los microorganismos de forma mutua, debido a que los invertebrados fragmentan y humedecen los residuos de plantas; cuando pasan a través del tracto gastrointestinal, posteriormente excretan gránulos fecales Moreira, Siqueira, Brussard (2008).

García-Álvarez y Bello. (2004) sostienen que la mesofauna es un componente que habita toda su vida en el suelo. El grupo incluye: ácaros (Acari), colémbolos (Collembola), sínfilos (Symphyla), dipluros (Diplura), paurópodos (Pauropoda), otros. Diversos de estos grupos son bioindicadores de la fertilidad y estabilidad del suelo; entre ellos se destacan los ácaros y colémbolos ordenes de mesofauna característicos.

Según el mapa de uso y revestimiento 2008 del Ministerio del Ambiente. Ecuador dispone una cobertura natural 14.12 millones de ha; es decir el 57% de la superficie total del país y 11.31 millones de ha corresponden a bosque nativo, representando beneficios ambientales y social para quienes formulan políticas de manejo sustentable de los bosques (MAE, 2017).

Estudios realizados en los último cinco años (2010-2015) demuestran que la Amazonía ecuatoriana ha perdido 1.1% de bosque nativo donde también se pierden muchas especies forestales de gran valor ecológico, ambiental y comercial como: *Ocotea quixos* (LAM.) Kosterm, canela amazónica; *Myroxylon balsamum* (L.) Harsm bálsamo, otras (MAE, 2017).

Actividades y proyectos de restauración forestal, están compuesto por varios factores tales como: la existencia de nutrientes del suelo, la presencia de herbívoros, la calidad de semillas, especies forestales empleadas. Agua, luz y nutrientes como factores claves Holl, Loik, Link, Samuels (2000).

En los últimos años la pérdida de la fertilidad y la degradación de los suelos es un problema, los factores causantes son: avance de la frontera agropecuaria, tala

indiscriminada de los árboles, contaminación, otros.

Estudios demuestran que al aplicar el biocarbón a los suelos degradados, mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas, ya que es un elemento rico en carbono el mismo que se obtiene de la descomposición térmica (pirólisis) de restos vegetales, proceso que estabiliza el C existente en la materia orgánica.

Para la presente investigación seleccionaron dos parcelas: alta y baja donde se encuentran establecidas especies forestales con fines de restauración, canela (*Ocotea quixos*), bálsamo (*Myroxylon balsamum*), especie endémica y exótica respectivamente, géneros en desaparición de su habita natural; las parcelas se encuentran aplicado la enmienda de biocarbón (manufacturado, tradicional y sin la enmienda) con la finalidad de mejorar la calidad del suelo con la presencia de la mesofauna; sitio de estudio está ubicado en las riveras del rio piatua, perteneciente al Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica (CIPCA).

Con la presente investigación se determinará la diversidad de la mesofauna presente en el proceso de restauración forestal con enmienda de biocarbón, en las parcelas que se encuentran reforestado con especies canela amazónico y bálsamo.

### **1.1. PROBLEMA CIENTÍFICO**

¿Cuál es el efecto en la abundancia y en la diversidad de la mesofauna en parcelas de *Ocotea quixos*, *Myroxilon balsamum* y la asociación entre las dos especies al aplicar enmiendas de biocarbón?

### **1.2. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

Al aplicar el tratamiento de biocarbón en parcelas con plantaciones de canela *Ocotea quixos*, bálsamo *Myroxilon balsamum* y la asociación entre las dos especies; la abundancia y la diversidad de la mesofauna en la hojarasca y en suelo serán diferentes con respecto a los tratamientos en donde no se aplicó biocarbón.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Caracterizar la mesofauna asociada al proceso de restauración forestal con biocarbón en las parcelas donde se encuentran establecidas las plantaciones de canela *Ocotea quixos*, bálsamo *Myroxilon balsamum* y un asocio entre las dos especies.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar la abundancia de mesofauna existente en parcelas experimentales con y sin la aplicación de biocarbón, en volúmenes de suelo conocidos.
- Determinar las órdenes, clase y subclases de mesofauna existente en parcelas experimentales con y sin la aplicación de biocarbón, en volúmenes de suelo conocidos.

## **CAPITULO II**

### **2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1. Restauración forestal**

La degradación de los bosques y las tierras es un grave problema que se manifiesta en todos los lugares del mundo, en particular en los países en desarrollo. Aproximadamente 1000 millones de personas, es decir el 15 % de la población del planeta, viven en áreas degradadas, y se estima que un tercio de la población mundial padece los efectos de la degradación de la tierra que se define generalmente como el proceso de inclinación constante en la provisión de bienes y servicios del ecosistema, incluidos los bienes biológicos e hídricos. Problemas de deforestación y degradación de los bosques, en la mayoría de los países tropicales y subtropicales va en deterioro y la desaparición de las especies forestales de valor económico ecológico y ambiental; entorno por la cual presenta vulnerabilidad de las comunidades rurales y la sociedad. (FAO, 2011).

Con la finalidad de diferenciar los efectos negativos de la deforestación y la degradación de los suelos y paisajes; la República Federal de Alemania y la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en el año 2011 forman un evento ministerial Desafío del Bonn (Bonn Challenge) a nivel mundial. Considerado una iniciativa y un esfuerzo para la restauración y conservación de recursos forestales a nivel del mundo, dentro de la iniciativa tiene establecido como meta restaurar de 150 millones de hectáreas de tierras degradadas; para el año 2020; y para el año 2030 plantea la restauración de 350 millones de hectáreas que se encuentra degradadas. Es un medio de implementación para diferentes compromisos internacionales existentes bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Convenio sobre la Diversidad Biológica y otros. Diferentes organismos estatales y privadas se encuentran registradas formando parte de la iniciativa con el objetivo de conservación los recursos naturales. Se determina 40 compromisos en diversos países, gobiernos subnacionales y entidades no gubernamentales para restaurar millones de hectáreas de tierra degradada. En Latinoamérica hay 18 compromisos anunciados por un total de 35.64 millones de hectáreas, en lo que forma parte países como: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Perú, otros. El Bonn Challenge es un vehículo de implementación para prioridades nacionales impulsando la productividad de la tierra, mejorar la seguridad hídrica y alimentaria,

conservar la biodiversidad y a la vez facilita la implementación de compromisos internacionales Maginnis, Minnemayer, Patapov, Saint-Laurent y Sizer (2011).

En Ecuador la deforestación es una problemática que demanda acciones concretas y sostenibles. Para el periodo 1990-2000 la deforestación promedio fue de 89.944 ha/año, mientras que para el período 2000 – 2008 un promedio de 770.647 ha/año y durante el período 2008-2012 la deforestación promedio fue de 65.880 ha/año; esto demuestra que la tasa de deforestación para los periodos analizados: -0,71%, -0,66%, -0,54% respectivamente. Considerando que la deforestación a nivel nacional es una problemática; y la necesidad de conservar los recursos forestales que se encuentra en degradación, el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE); ha puesto en marcha la intervención para erradicar la deforestación mediante: Programa Socio Bosque, Programa de Restauración Forestal, Programa de Incentivos Para la Reforestación con Fines Comerciales, otros; orientado a disminuir directa e indirectamente el desgaste forestal (MAE 2014).

En el año 2008 (MAE) se crea el programa de Socio Bosque con el fin de conservación de bosques y páramos nativos en diferentes provincias del país. Los objetivos planteados a través del programa fueron: lograr una cobertura de protección de bosques, páramos, vegetación nativa, sus valores ecológicos, económicos y culturales, contribuir a la mejora de las condiciones de vida de las personas. A nivel internacional ha logrado un sólido posicionamiento. Países como Perú, Bolivia, El Salvador han desarrollado programas similares. A nivel nacional, el Programa ejecuta a través de la entrega de incentivos económicos a campesinos y comunidades indígenas que se comprometen voluntariamente a la conservación y protección de sus bosques nativos, páramos u otra vegetación nativa por un lapso de 20 años. En la actualidad como resultado del programa socio bosque a nivel nacional se encuentra en conservación unas 158.000 hectáreas de bosques y páramos nativos, beneficiando a más de 120.000 ciudadanos y ciudadanas. En la provincia de Pastaza ha firmado 102 convenios con un área bajo conservación de 853.796,69 hectáreas con incentivos anuales de 1 696.391,91 dólares beneficiando 13.266 ciudadanos (MAE 2014).

El Programa de Restauración Forestal a través del (MAE), ejecutado en año 2014, por un periodo de 3 años 2017 es otro esfuerzo con la finalidad de salvaguardar los recursos naturales a nivel nacional, la meta del programa fue restaurar al menos 220.000 ha, recuperando condiciones de cobertura forestal que respondan de manera adecuada a los

procesos de conservación que gestiona la entidad ejecutora para la biodiversidad, la protección de agua y suelos, disminución de riesgos por deslizamientos e inundaciones al tener mejor cobertura boscosa. Dentro del programa se ha considerado dos tipos de actividades de restauración: Regeneración Natural Asistida y Enriquecimiento con Especies Forestales Nativas de gran valor económico y ambiental; actividades priorizadas en zonas de protección de recursos hídricos, zonas de deslizamientos, zonas de amortiguamiento de patrimonio del estado, corredores biológicos. Otro programa del Gobierno Nacional son los Incentivos Forestales Para la Reforestación con Fines Comerciales. Establece una transferencia económica de carácter no reembolsable a través de la Subsecretaría de Producción Forestal (SPF) de Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); a las personas naturales, jurídica, comunas, asociaciones, y cooperativas productivas; para desembolsar y/o reembolsar una parte de los costos del establecimiento y mantenimiento de la plantación forestal. Para beneficiarse del incentivo económico, las entidades o grupos interesados deben cumplir con la normativa vigente a través del MAG. El programa entrega incentivos económicos a personas naturales y jurídicas, de hasta el 75% del costo del establecimiento y hasta el 75% del costo de mantenimiento de la plantación durante los primeros cuatro años; y a las asociaciones y cooperativas productivas y comunas hasta el 100% del incentivo (MAE 2014). Dentro del programa plantea el objetivo de aportar en la reducción del aprovechamiento indiscriminado del bosque nativo, generar materia prima para abastecimiento de la industria de la madera, incorporar tierras con vocación forestal al sector productivo del país, estimular e incorporar a las comunidades campesinas en el establecimiento y manejo de plantaciones forestales. El programa se ha considerado diferentes especies de valor económico y ambiental y los costos por cada una de las mismas como se demuestra en Anexo 1.

Actividades de reforestación se podrían realizar considerando las especies nativas que son una herramienta promisoría para la rehabilitación y restauración de los ecosistemas degradados; sin embargo, es de gran importancia conocer la ecología de cada una de las especies nativas seleccionadas, así como la biología reproductiva, el aporte de nutrientes al suelo como el caso de las leguminosas; por ello el éxito de programas de restauración dependerá en gran medida de la disponibilidad de material seleccionado apropiado y de calidad (Aguirre, 2007).

Estudios reafirman que, para reestablecer ecosistemas auto sostenibles y derivados del mismo, generalmente se prefiere seleccionar las especies nativas con respecto a las exóticas; aunque éstas últimas pueden ser útiles o necesarias sobre todo en sitios muy degradados como especies nodriza para mejorar el micrositio Thomas, Evert, Tammeorg (2014).

Según Barker y Bryson (2006), mencionan que las especies forestales introducidas como nodriza ayudan a la especie nativa en su crecimiento, ya que puede aportar con una mayor concentración de nutrientes por las características de las especies seleccionadas.

## **2.2. Mesofauna**

Según Garbisu, Becerril, Epelde, Alkorta (2007), mencionan que el suelo es un ente viviente por su dinamismo al contener partículas minerales de diferentes tamaños, materia orgánica, macro y microorganismos; donde el ser humano realiza diferentes actividades.

Al pasar los años se ha afectado paulatinamente este recurso en sus características físicas, químicas y biológicas. La mesofauna del suelo interviene en la descomposición de la materia orgánica, proceso de mineralización de nitrógeno y fósforo y en la aceleración y reciclaje de nutrientes, elementos para la subsistencia de la fertilidad del suelo (Usher R, 2006).

En la superficie del suelo, la mesofauna está representada por organismos que miden 0.2 a 2.0 mm, organismos predadores que desempeñan la función de la descomposición en cadenas tróficas de la hojarasca; actuando en el control biológico de plagas, incorporando la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Estos organismos son considerados excelentes indicadores de la calidad del suelo Melo, Brown, Constantino, Louzada, Luizao, Moraes & Zanetti (2009).

La población de la fauna en los suelos recuperados depende de la presencia de los organismos edáficos y la capacidad de producir poblaciones de estos individuos dispersantes Cristescu, Frere, Banks (2012). Debido a la gran presencia de microorganismos; al suelo se le conoce como un recurso vivo. Organismos incluido lombrices, artrópodos, hongos, bacterias, nematodos; que vienen a ser los indicadores biológicos (Montalvo, 2013).

Según García -Álvarez y Bello (2004) determinan los principales grupos de organismos que pertenecen a la mesofauna que viven toda su vida en el suelo, dentro de los cuales se encuentran: colémbolos (Collembola), ácaros (Acari), sínfilos (Symphyla), dipluros (Diplura), y otros. Miden en promedio de 0.2-2.0 mm. Muchos de los grupos mencionados son bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del suelo.

### **2.2.1. Filo Annelida**

Los Oligochaeta (lombrices) es una subclase que constituye la mayor parte de biomasa de invertebrados que incluye lombrices y nematodos de los suelos húmedos y que ayuda en el crecimiento de las plantas. Por su gran tamaño con respecto a otros organismos del suelo y por la diversidad de funciones que desempeñan, esta subclase está considerada como agentes insustituibles en la conservación de la estructura y en la dinámica del suelo. La porosidad del suelo se incrementa por esas galerías que realiza esta especie, ocurre un mejoramiento en el intercambio gaseoso y en la velocidad de la infiltración del agua, al ser removido y aireado, por la acción, el suelo se vuelve más fértil. Son capaces de ingerir grandes cantidades de materia orgánica (Swift, 1994).

### **2.2.2. Filo Artrópoda**

Los artrópodos son los que han tenido más éxito en la historia evolutiva, aunque es uno de los recursos menos estudiados y a la vez más intervenido por las poblaciones asentadas (Viejo, 2007). Son animales invertebrados que pertenece al grupo de artrópodos, donde incluye los arácnidos (arañas, garrapatas, ácaros, otros), los miriápodos (ciempiés, milpiés), los crustáceos (cangrejos, camarones, langostas, otros). Viquez, Longhorn (2016).

#### **2.2.21. Clase Insecta**

Paratrechina, es un género que pertenece a la clase insecta de la familia Formicinae (hormigas) y se registran alrededor de 60 especies a nivel mundial, se caracteriza por distribución universal con la diferencia que es diverso en regiones tropicales del mundo. Al igual que el resto de las especies exóticas, constituyen un riesgo potencial para la biodiversidad de la fauna autóctona ya que están muy ligadas a las actividades humanas Bolton, Alpert, Ward, Naskrecki (2006). Esta familia ha poblado casi todas las áreas tropicales y subtropicales, se encuentran en áreas perturbadas, pero también pueden

invadir áreas no perturbadas. Las casas de este tipo de hormigas están en acumulaciones en basura seca, mantillo o debajo de las hojarascas del suelo.

Los miembros de Amblyoponinae (familia de las hormigas) son característicos y habitan en áreas boscosas húmedas, tanto en el trópico como en zonas templadas. Son grandes descomponedores de madera; viven en el suelo o en madera descompuesta, son predadores de artrópodos, además se alimentan de tejidos de los invertebrados hemolinfa LaPolla y Fisher (2014).

La clase insecta abarca el orden Hymenoptera, Subfamilia Formicinae, es representativa en la región neotropical. Es un grupo grande que comprende alrededor de 3030 especies descritas que están distribuidas a nivel global en una amplia escala de ambiente terrestre. Se encuentran taxones conocidos como las hormigas carpinteras, tejedoras, y una amplia gama de géneros (Bolton, 2003).

Según Fernández (2003), menciona que la subfamilia Myrmicinae (hormigas) presenta diversidad de hábitos, se encuentra en el suelo y hojarascas; algunas presentan asociaciones con plantas, hongos y con otras hormigas. Proceratiini, miembros de esta especie son individuos relativamente pequeños y medianos que habitan en las hojarascas, palos, troncos en descomposición. Las características de esta especie son monomórficas, inserciones antenales horizontales y parcial o completamente expuestas, ojos reducidos o ausentes; sutura del promesonoto fusionada o ausente, no permitiendo el movimiento independiente del pronoto y del mesonoto; en muchas de estas especies el tergo abdominal es atrofiado; mismo autor menciona que la familia Formicidae, comprende cuatro subfamilias fósiles y 21 vivientes, divididas con un aproximado de 300 géneros.

#### **2.2.2.2. Clase Arachnida**

Según Behan-Pelletier (1999), son indicadores potencialmente importantes, tanto de la naturaleza como de la perturbación del ecosistema. Esta afirmación se basa en su abundancia, ya que alcanzan varios cientos de miles de individuos por metro cuadrado. Además, presentan una gran diversidad taxonómica y trófica, y son fáciles de coleccionar y preservar.

Entre los ácaros están el orden oribátida que son importantes en la descomposición de la materia orgánica, debido a que actúan sobre los restos de las excretas de los animales y las plantas en descomposición, acelerando la fragmentación y haciéndolos más accesibles

a la acción y actuación de los microorganismos. Los oribatidos presentan sensibilidad a la presencia de materia orgánica aplicada por el hombre, el porcentaje de humedad, el pH, las prácticas agrícolas y el uso de insecticidas. Dentro de este grupo existen diferentes tipos de respuesta ante las alteraciones ambientales, debido a que sus características morfológicas pueden hacerlos más resistente. Determinadas especies de oribátidos muestran resistencia o tolerancia las circunstancias adversas, tanto naturales como antrópicas; y también se desarrollan en condiciones favorables, de ahí su presencia en bosques bien conservados. Debido a que los oribatidos es un grupo extenso que aún falta por investigar sobre su ecología, biología y fisiología, para considerarlos un grupo con grandes usos como bioindicadores (González, 2001).

Dentro de la clase Arachnida se encuentran también los uropodinos (crustáceos) conforman un grupo de ácaros saprófagos, pero abundan poco en el suelo ya que presentan características morfológicas y bioecológicas que los hacen muy exigentes en cuanto a la calidad del hábitat. Son abundantes en los ecosistemas con un alto contenido de materia orgánica, en áreas de compostaje y en los troncos en descomposición, también son humícolas y responden de forma positiva ante las buenas condiciones de aireación del suelo. Junto a los oribátidos, se reportan como indicadores de suelos con alta productividad. El estudio de sus variaciones constituye un criterio preciso del estado de salud del medio edáfico. Seguidamente se encuentra los astigmata conocidos como depredadores de hongos o fungívoros también son considerados buenos indicadores de los suelos perturbados porque sobreviven a condiciones ambientales desfavorables; estudios demuestran que los prostigmata (ácaros) son dominantes en los suelos pobres en nutrientes y con bajos valores de carbonato de calcio, bajo contenido de materia orgánica y poca humedad. En gran mayoría son depredadores, con estructura frágil y pequeño tamaño, por lo que presumiblemente tienen una notable sensibilidad ante las fluctuaciones de las condiciones hídricas del sustrato, son más abundantes en áreas perturbadas debido a que tienen un alto potencial reproductivo; esto les permite adaptarse al efecto del factor perturbador, por lo que, en ausencia relativa de depredadores y competidores por el alimento, pueden aumentar rápidamente en número. Este grupo, por sus características ecológicas, también constituye un buen indicador García, Álvarez, Bello (2004).

### **2.2.2.3. Clase Entognatha**

Dentro de esta clase entognatha se encuentra el orden de los colémbolos estudios demuestran que esta clase depende de la unión de los factores como materia orgánica y humedad, y son susceptibles a las perturbaciones del medio (Chocobar, 2010).

Según Bellinger, Christiansen y Janssens (2003), menciona que los colémbolos desempeñan un papel decisivo en el reciclaje de los restos orgánicos y son capaces de fraccionar y triturar los restos vegetales, esto ayuda al aumento de la implantación de la microflora. Los alimentos que ingieren, una vez degradados, intervienen en la formación de humus, incorporando millones de heces fecales de colémbolos que prácticamente es materia orgánica que benefician a las raíces de las plantas, por la liberación eterna de nutrientes en la medida que estas son desintegradas por los microorganismos edáficos (Chocobar, 2010).

Por otra parte, los colémbolos, participan en el mantenimiento de las concentraciones de hongos y nemátodos favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas; pero además pueden digerir hongos patógenos y con ello disminuyen las concentraciones fungosas que afectan económicamente a los cultivos, por lo que se utilizan como bioindicadores de la contaminación del suelo y también considerado en gran medida como un control natural de cierto hongos perjudiciales en las actividades agrícolas del hombre González, Díaz y Prieto (2003).

Los hexápodos constituyen indicadores del pH del suelo y la humedad; algunas especies son sensibles a los productos químicos aplicado por el hombre, mientras que otras aumentan su densidad. También sirven para revelar las diferencias entre los bosques, así como en la evolución de los ecosistemas con diferentes grados de perturbación; los grupos poco frecuentes y poco conocidos dentro de la ecología son los Protura, Diplura y Pauropoda. Por sus características morfológicas (cuerpo blando, pequeño y sin quitina) y por sus funciones tróficas (detritívoros, fungívoros, herbívoros y depredadores) son considerados como indicadores de la estabilidad del medio edáfico. Los dipluros obtienen alimentación de restos de materia orgánica en descomposición, depende especialmente de un grado de humedad moderado y constante (Palacios y Vargas, 2000).

Estudios realizados en España, por Andina (1990), reportó la presencia de este grupo en las plantaciones forestales con abundancia baja y su preferencia por las profundidades

con condiciones hídricas constantes. Diplura es un grupo de microartrópodos que por lo general se encuentra en el suelo, bajo los troncos o las piedras y en la hojarasca; estos tienen un movimiento muy rápido cuando son molestados por el hombre. Se conocen algunas especies que habitan en las cuevas, están altamente especializadas y prefieren estratos profundos con menor exposición a las perturbaciones del medio edáfico.

### **2.2.3 Filo Molusco**

Dentro de esta clase se encuentra el orden Isopoda terrestres (cochinillas de humedad), habitan desde la zona de bosques, cordilleras, montañas, agroecosistemas, cavernas subterráneas, hasta desiertos Paoletti, Hassall (1999).

Juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes (Hunter *et al.*, 2003). Al ser detritívoros son fundamentales como componentes de la fauna del suelo (Lopes *et al.*, 2005).

### **2.3. El biocarbón**

El biocarbón se puede obtener a partir de residuos forestales, agrícolas, estiércoles, residuos urbanos; según Sohi, Krull, Lopez, Bol (2010), menciona que el material se consigue a través del proceso termoquímico mediante el cual la biomasa se descompone, por la acción del calor en una atmósfera deficiente de oxígeno, y se transforma en una mezcla de hidrocarburos, gases combustibles, residuos de carbón y agua Ahmad, Rajapaksha, Kirtay (2014).

Según, Lua, Yang, Guo (2004), las transformaciones físicas y químicas que ocurren durante el pirolisis son complejas y dependen en gran medida de la naturaleza de la biomasa inicial y de las condiciones de pirolisis (temperatura, presión y tiempo de residencia del material en el reactor).

El biocarbón es rico en C, se diferencia del carbón vegetal en que su finalidad es aplicar a los suelos y con el transcurso del tiempo va mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas, mientras que el carbón vegetal es utilizado para obtener energía. Reduce la emisión de gases con efecto invernadero, como el metano y el óxido nitroso, además de su efecto sobre los rendimientos, el biocarbón reduce la lixiviación de nutrientes. Así como también puede reducir la contaminación de aguas subterráneas a causa de residuos de fertilizantes utilizado en la agricultura.

El potencial del biocarbón como sumidero de C se debe a su naturaleza recalcitrante, lo que reduce la velocidad a la que se degrada en el suelo Sombroek, Rovio, Fearside, Glaser & Lehmann (2003), al aplicar a los suelos muestra efectos como: reducción de su densidad aparente, aumento de su capacidad de retención de agua y la mejora de su estructura. Perfeccionamientos en aumento de la porosidad que mejora la capacidad de infiltración y su permeabilidad Abel, Peters, Trinks, Schonsky, Facklam (2013). Contribuye positivamente al desarrollo de las raíces de las plantas, a la respiración microbiana favoreciendo el intercambio gaseoso y las condiciones de oxigenación Sombroek, Glaser, Lehmann (2003).

Cambia la fertilidad del suelo debido a que aporta directamente los nutrientes aumentando la capacidad de intercambio catiónico (CEC) del suelo, lo que favorece la retención de nutrientes y evita pérdidas por lixiviación. Dentro del contexto también mencionan que aumenta la disponibilidad de nutrientes para las plantas, aumenta la actividad biológica de los microorganismos Xu, Wei, Sun, Shao, Chang (2013).

El color oscuro que presenta el biocarbón puede favorecer la absorción de las radiaciones solares y reducir el porcentaje del mismo aumentando su temperatura, este aumento puede provocar la reducción de la humedad del suelo, pero este efecto se entiende que puede estar compensado por la alta capacidad de retención de agua por la presencia del material; el aumento de la temperatura del suelo junto con el aumento de la capacidad de retención de agua y del contenido de nutrientes tras la adición de la enmienda, puede beneficiar a la germinación de las semillas y a la actividad microbiana, el biocarbón también puede resultar beneficioso como enmienda de suelos contaminados; la capacidad de este material absorbe y desnaturaliza los restos de insumos químicos (pesticidas, herbicidas) y metales pesados reduciendo total o parcialmente la disponibilidad para las plantas Laird, Fleming, Wang, Horton, Karlen (2010). Moquera

Según (Swift, 2001) menciona que el material pirolizado aplicado en los suelos tiene un tiempo de residencia media estimado de 1000 años, logrando llegar hasta los 10000 años.

Alternativas para la recuperación de los suelos degradados puede ser la adopción o la aplicación del biocarbón mismo que posee un alto contenido de carbono, además de contener cantidades considerables de N, P, S; este material, de alta estabilidad,

proporciona refugio para los microorganismos edáficos y puede actuar como secuestrador de carbono, impidiendo las emisiones a la atmósfera (Nóbrega, 2011).

### **2.3.1. Proceso de la fabricación del biocarbón**

Para la elaboración del biocarbón se requiere materia prima los cuales pueden ser residuos de cosechas, podas de árboles, cítricos, otros. Una vez que se tiene material suficiente sigue el siguiente paso que es pirolisis lo cual se divide en cuatro categorías: pirolisis lenta, rápida, ultrarrápida (biocarbón tradicional) y gasificación (biocarbón manufacturada), la diferencia entre pirolisis y la manufacturada es que el primero se realiza en ausencia de del oxígeno; mientras que la gasificación se da con una reducida cantidad de oxígeno Laird, Brick, Ippolito (2010). Pirolisis lenta se caracteriza por lapso de calentamiento de la materia prima de forma pausada, temperaturas bajas de 1 a 2 °C y tiempo de residencia larga Sadaka (2007).

Pirolisis rápida, el calentamiento es mayor a 550 °C y el tiempo de la elaboración corta, el producto que se obtiene es de alta calidad (Farang, 2002).

Biocarbón manufacturado; se quema en una secuencia de dos reacciones el primero en unas calderas en la que se carboniza el producto, luego con una mayor temperatura quemando el carbón donde se puede extraer carbón de partículas pequeñas.

## **2.4. Especies forestales, taxonomía, origen, descripción botánica, ecología, distribución**

### **2.4.1. *Ocotea quixos*, (LAM) KOSTERM, canela amazónica**

#### **2.4.1.1. Clasificación taxonómica**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Orden:** Laurales

**Familia:** Lauráceae

**Género:** *Ocotea*

**Especie:** *O. quixos* (LAM) KOSTERM

#### **2.4.1.2. Descripción botánica**

Árbol ramificado de 5 m, las hojas presentan pecíolos de 0,9 a 1,5 cm de longitud, láminas de 14 a 23 cm por 3,5-6,0 cm de ancho, base cuneada, ápice puntiagudo, márgenes enteros, haz verde oscuro y envés verde claro, con flores blanco verdosa, fruto de 4 cm de forma oval. Fructifica cada dos años después de 15 a 20 años de crecimiento, el cáliz de la flor tiene la forma de una copa, cuando está seco es de forma consistente y muy aromática (Estrella, 1998).

#### **2.4.1.3. Origen y distribución de la especie**

Es una planta originaria de América del Sur Grandtner y Chevrette, (2013). Originaria de la amazonia ecuatoriana, su hábitat es el bosque húmedo tropical primario, se puede encontrar a una altura de 310 a 1200 msnm Ríos, Koziol, Perdensen, Granada (2007).

Actualmente hay registros de presencia de esta especie en la cuenca amazónica del Ecuador y Colombia, no se registran en el resto de Sudamérica (Cárdenas López & Salinas R 2007). En el Ecuador está distribuido en las provincias amazónicas como: Napo, Pastaza, Morona Santiago y Zamora Chinchipe Carvajal, Shacay (2004).

#### **2.4.1.4. Ecología**

Se encuentra de forma silvestre en el bosque; de forma tradicional se encuentra en las chacras implementadas por los habitantes de las nacionalidades indígenas Carvajal, Shacay (2004).

### **2.4.2. *Myroxylon balsamum* (L.) HARSM, bálsamo**

#### **2.4.2.1. Clasificación taxonómica**

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Magnoliopsida

**Subclase:** Rosidae

**Orden:** Fabales

**Familia:** Fabaceae

**Subfamilia:** Faboideae

**Género:** *Myroxylon*

**Especie:** *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (1908).

#### **2.4.2.2. Descripción botánica**

Es un árbol que alcanza hasta 30 m de altura y 1m de diámetro, tiene un tronco cilíndrico, recto, raíces tablares, corteza externa crema amarillenta y su corteza interna contiene una crema de olor fuerte, tiene inflorescencia en racimos axilares de 10 a 20 cm de largo, flores blancas, el fruto indehiscente donde alberga la semilla. La especie desarrolla mejor bajo sombra (Angulo, 2011).

#### **2.4.2.3. Origen y distribución**

Bálsamo *Myroxylon bálsamo* se registra de forma natural en países como Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú, Venezuela, desde sur de México y todo Centroamérica Trópicos (2013). La madera es muy valorada por lo que es cotizado en los mercados. Se encuentra en desaparición, su aprovechamiento ha sido prohibido en algunos países Cordero, Boshier, Barrance,...Pennington (2003).

#### **2.4.2.4. Ecología**

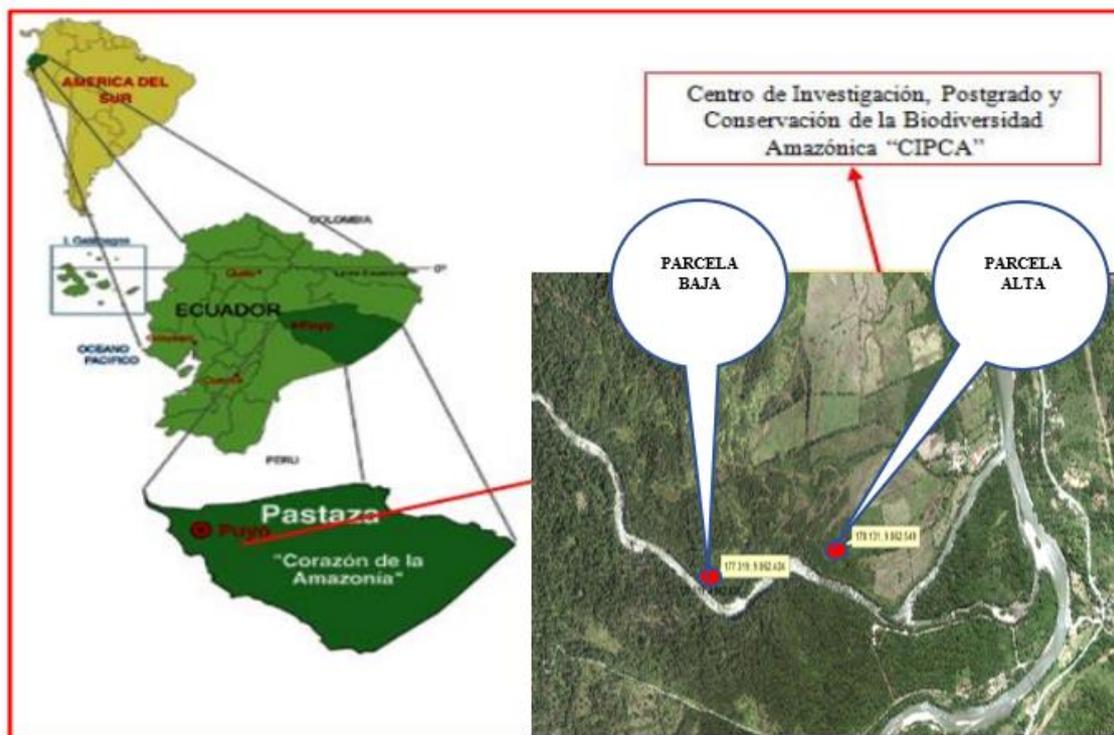
Es una de las especies del Trópico húmedo subhúmedo. Adaptan a diferentes condiciones del suelo que va desde las áreas planas, quebradas, pendientes y ondulados, se forman rodales mixtos. Tiene la característica de crecimiento lento y poca adaptabilidad a campo abierto (Limongi, 2008).

## CAPITULO III

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización

La presente investigación se realizó en el Centro de Investigación, Posgrado y Conservación Amazónica CIPCA. Localizada en la Provincia de Pastaza y Napo, Cantón Santa Clara y Arosemena Tola; a cuarenta y cinco minutos de la vía Puyo – Tena Km 44, junto a las riberas del río Piatúa y Anzu. Se seleccionaron dos parcelas que pertenece a la provincia de Napo, donde se encuentran establecidas especies forestales *Ocotea quixos* y *Myroxylom balsamun* (Anexo 2). La parcela alta encuentra en las siguientes coordenadas y altura: X= 178129, Y= 9862568, Z=568; la parcela baja está situada en las coordenadas y altura: X=177328, Y=9862425, Z=578, la precipitación anual registra los 4000 mm, su humedad relativa es del 80 % y la temperatura varía entre 15 a 25 °C.



**Figura 1.** Ubicación Geográfica del área de estudio y localización de la parcela alta y baja.

Las parcelas seleccionadas son de características similares en cuanto a las dimensiones 5625 m<sup>2</sup>, especies forestales plantadas, en las cuales diseñaron tratamientos donde se aplicaron la enmienda de biocarbón y sin la enmienda a una proporción de 10 Toneladas/Ha. Ambas parcelas se encuentran reforestadas con canela *Ocotea quixos*, bálsamo *Myroxylon balsamum* y una asociación de igual cantidad en porcentaje entre las

dos especies. Las especies forestales se encuentran plantados desde julio del 2013 a una distancia entre plantas de 5m x 5m donde se encuentra 114 plantas de canela y 111 plantas de bálsamo; dando un total de 225 especies forestales existentes para cada parcela.

Las parcelas contienen tratamientos con la aplicación de biocarbón y tratamientos donde no está aplicada la enmienda tanto para plantaciones de canela, bálsamo y la asociación de las dos especies. Cuenta con análisis de suelos realizado en el Instituto Nacional Autónomos de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Santa Catalina; laboratorio de manejo de suelos y aguas. En la que determina suelos ácidos (pH 4.78), la presencia de fósforo (P) bajo, la presencia de azufre (S) medio, presencia de potasio (K) bajo, Materia Orgánica (M.O) alto, humedad del suelo con un porcentaje promedio de 55 %, la textura del suelo Franco Arenoso (Anexo 3), son los resultados del suelo de las parcelas seleccionadas mediante el análisis.

### **3.2. Tipo de Investigación**

El presente trabajo se enmarcó en dos tipos de investigación Experimental y Descriptivo.

- Experimental debido a que se tiene tratamientos de monocultivo de canela *Ocotea quixos*, bálsamo *Myroxylon balsamum*, y uno en asociación entre las dos especies forestales.
- Descriptivo ya que se determina las variables biológicas (mesofauna) analizadas influyen en el proceso de restauración forestal, describiendo los órdenes encontrados que pueden ser útiles para evaluar el efecto en un ensayo con la aplicación y sin la aplicación del biocarbón localizado en el CIPCA.

### **3.3. Métodos de investigación**

El método de investigación comprende tres factores de estudio: parcelas, árboles, enmienda de biocarbón, la respuesta a los factores de estudio es la mesofauna del suelo y hojarasca. Una vez identificado en laboratorio la mesofauna del suelo y hojarasca de la parcela alta y parcela baja, se aplica regla de decisión tomando en cuenta que al menos un individuo (especimen) esté presente en los tratamientos (T1, T2, T3), biocarbón (B1, B2, C) y compartimento ecológico (H, S).

### **3.3.1. Diseño experimental**

Se aplica un cuadrado latino con un diseño bifactorial. Con tres tipos de arreglos silvícolas que no se repiten en ninguna columna y fila. Los arreglos corresponden a monocultivo de canela, un monocultivo de bálsamo y la asociación.

El modelo bifactorial se aplica a los tratamientos de la parcela alta y baja, donde se encuentra aplicado y sin la aplicación de la enmienda de biocarbón para cada tipo de plantación, obteniendo 3 réplicas para la parcela alta y 3 para la parcela baja sumando un total de 6 réplicas, de los cuales se tiene 72 unidades experimentales para analizar. De cada unidad experimental se colecta dos muestras; una muestra mesofauna hojarasca y una muestra mesofauna suelo; sumando un total de 144 muestras registradas en las dos parcelas. Seguidamente se procede el secado bajo lámparas en los embudos Berlese-Tullgren; finalmente la identificación en laboratorio donde se evalúa la abundancia y los órdenes, clase y subclase de mesofauna presente en los suelos reforestado con canela, bálsamo y la asociación entre las dos especies, y la aplicación y no del biocarbón.

### **3.3.2. Análisis estadístico**

Los datos obtenidos en campo y en laboratorio, una vez aplicado la regla de decisión se procede el análisis utilizando el programa R que es un software estadístico, colaborativo de uso libre y gratuito; con el paquete mvabund que permite analizar datos de abundancia multivariado de varias muestras con lo que se logra encontrar las diferencias significativas. El programa Canoco 3.5 para la visualización de las gráficas de los factores en estudio.

## **3.4. Recolección de las muestras de campo**

### **3.4.1. Periodo de colecta**

La recolección de los datos para la presente investigación se inicia el 14 de abril del 2018, durante cinco semanas continuas; recolectando 30 muestras semanales (15 muestras de mesofauna hojarasca y 15 muestras de mesofauna suelo), esto se hizo de acuerdo a la disposición de las lámparas y embudos Berlese-Tullgren para realizar el secado.

### **3.5. Recolección de las muestras de mesofauna hojarasca.**

Con el empleo de un tubo pvc de 4 pulgadas, con un diámetro de 13 cm y un área de 132,73 cm<sup>2</sup> se procede la colección manualmente las muestras de hojarasca para la parcela alta y baja (Anexo 4).

### **3.5.1. Recolección de las muestras de mesofauna del suelo**

En cada unidad experimental donde se realiza la colecta de mesofauna hojarasca, con el apoyo de mismos materiales (cilindro), procede coleccionar las muestras de la mesofauna del suelo a una profundidad de 5 cm obteniendo un área de 663,65 cm de la superficie del suelo para cada unidad experimental para el análisis (Anexo 4).

### **3.6. Proceso de secado de las muestras**

#### **3.6.1. Instalación de lámparas, embudos Berlese-Tullgren**

Las muestras de suelo y hojarasca, colectados en campo se trasladaron por separado en fundas plásticas e identificadas con códigos de acuerdo a su procedencia: parcela, bloque, tratamiento y sustrato. Para el proceso de secado de las muestras se instaló 30 lámparas con sus respectivos embudos Berlese-Tullgren (Anexo 5), donde se realizará la colecta de los especímenes para posterior identificar en laboratorio.

#### **3.7. Colocación de las muestras para el secado**

Las muestras colectado en campo, se procede retirar de las fundas plásticas tanto de hojarasca como de suelo. A las muestras de suelo se procede desmenuzar de forma manual para evitar la presencia de terrones y se clasifica la mesofauna visible en caso de las Oligochaeta (lombrices), los especímenes se colocan en las botellas plásticas con alcohol al 85%, para conservar las muestras. Una vez realizado esta labor se procede a colocar cada muestra en cernederas plásticas (cedazos), posterior se cubre con tela organza y se coloca en los embudos Berlese-Tullgren bajo lámparas con focos de 120 voltios por un lapso de 7 días continuos (Anexo 6).

#### **3.8. Identificación de la mesofauna en laboratorio.**

Finalizado con el proceso de sacado de las muestras se realiza la identificación y clasificación de la mesofauna, esta actividad se hizo en Laboratorio de Ecología Tropical Natural y Aplicada, instalados en CIPCA. El equipo utilizado para la identificación y clasificación de la las muestras de mesofauna es un microscopio estereoscopio.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Abundancia de la mesofauna

Se colectaron un total de 5003 individuos de mesofauna en las dos parcelas. De los cuales 1288 individuos 25.74 % son colectados de la parcela alta compartimento ecológico suelo, 1218 individuos equivalente al 24.35 % son capturado de la misma parcela compartimento ecológico hojarasca; 1377 individuos 27.52 % corresponde a la parcela baja compartimento ecológico suelo y 1120 individuos 22.39 % corresponde al compartimento ecológico hojarasca. De la misma forma esta cantidad de especímenes colectados, mediante reconocimiento en laboratorio se ha identificado que se encuentra dividido en: 5 órdenes que son (Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera, Isoptera, Isopoda), 1 clase (Diplura) y 3 subclases (Collembola, Oligochaeta y Acari).

Dentro del Orden Hymenoptera se ha reconocido 4 subfamilias (Amblyoponinae, Formicinae, Myrmicinae, Proceratiinae). En el Orden Hemiptera se ha logrado identificar dos subórdenes: (Auchenorrhyncha, Sternorrhyncha). En el Orden Coleoptera se ha analizado tres superfamilias (Scarabaeidae, Staphylinidae, Ptiliidae) el cuarto Orden Blattodea con un infraorden (Isoptera), Orden (Isopoda) que corresponde a la clase Malacostraca, seguido se ha identificado 1 clase (Diplura) y 3 subclases Collembola con dos órdenes (Entomobryomorpha, Poduromorpha), subclase (Oligochaeta) y Subclase Acari con tres órdenes (astigmata, Mesostigmata, Oribatida) un suborden (Prostigmata) (Tabla 1, 2).

**Tabla 1.** Órdenes, subórdenes y subfamilias de mesofauna identificadas en la parcela alta, baja compartimento suelo y hojarasca

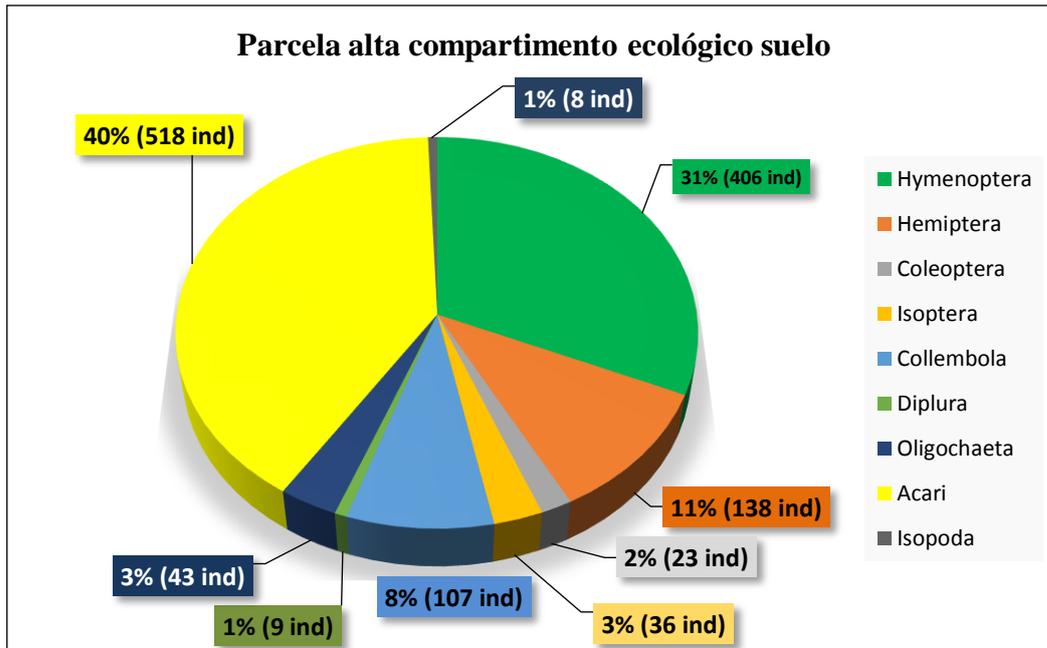
PARCELA (P)	ORDEN HYMENÓPTERA				ORDEN HEMIPTERA		ORDEN COLEÓPTERA			ORDEN BLATTODEA	ORDEN ISOPODA	TOTAL
	Amblyoponinae	Formicinae	Myrmicinae	Proceratiinae	auchenorrhyncha	sternorrhyncha	Scarabaeidae	Staphylinidae	Ptiliidae	Isóptera	Isópoda	
P. ALTA SUELO	192	117	11	86	40	98	3	15	5	36	8	611
P. ALTA HOJARASCA	189	83	148	57	10	87	15	18	14	10	16	647
P. BAJA SUELO	181	69	135	164	5	30	19	32	36	27	8	706
P. BAJA HOJARASCA	123	7	49	58	26	53	0	16	25	20	21	398
TOTAL	685	276	343	365	81	268	37	81	80	93	53	2362

**Tabla 2.** Clase, Subclase de individuos de mesofauna identificadas en las parcelas alta y baja compartimento ecológico suelo y hojarasca.

PARCELAS (P)	CLASE	SUBCLASE COLLEMBOLA		SUBCLASE	SUBCLASE ACARI				TOTAL
	Diplura	Entomobryomorpha	Poduromorpha	Oligochaeta	Astigmata	Mesostigmata	Oribatidae	Prostigmata	
P. ALTA SUELO	9	59	48	43	183	62	273	0	<b>677</b>
P. ALTA HOJARASCA	10	53	56	12	143	36	251	10	<b>571</b>
P. BAJA SUELO	21	97	57	106	76	18	227	69	<b>671</b>
P. BAJA HOJARASCA	9	70	46	5	116	67	305	104	<b>722</b>
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>279</b>	<b>207</b>	<b>166</b>	<b>518</b>	<b>183</b>	<b>1056</b>	<b>183</b>	<b>2641</b>

#### **4.2. Abundancia de mesofauna evaluado en la parcela alta compartimento ecológico suelo.**

En la parcela alta compartimento ecológico suelo se encuentran 1288 individuos; de los cuales el 40% corresponde a subclase Acari con 518 individuos, el orden que tiene mayor número de individuo es Oribatida con 273 especímenes. Esto se coincide con la investigación realizado por Linden, Beha, Pelletier (1999), donde describen que los ácaros Oribatida tiene gran potencial como bioindicadores por ser uno de los grupos más abundantes en la mesofauna, comprenden una alta diversidad específica, pertenece a un grupo trófico diverso. Investigación similar verificado por Yina, Jesús, Tito (2013), donde realizan la evaluación cuantificada de Oribatidas asociadas a seis usos del suelo: un arreglo silvopastoril, un cultivo de papa en rotación con pastos, un cultivo de papa, un banco de proteína de especies forrajeras, lote de tres pastos en mezcla con trébol y un bosque secundario, mayor abundancia y biodiversidad de ácaros oribátidos encontrado es en el bosque secundario. Esto reafirma a la investigación realizada por Lindo, Winchester (2007), donde menciona que la constante caída de hojas aumenta paulatinamente la capa de hojarasca creando un habita favorable para la permanencia de oribatidas. El 31 % de los invertibrados colectado son de la clase Hymenoptera con 406 individuos, seguido el orden Hemiptera con 138 individuos 11 %, el 18% restante corresponde a los órdenes que tiene menor número de especímenes como se demuestra en la (Figura 2).



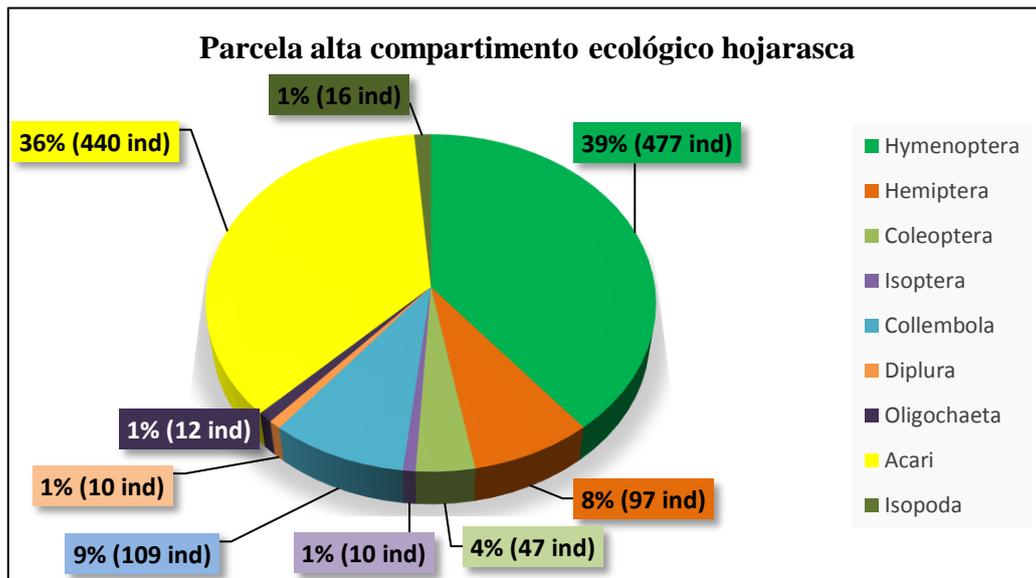
**Figura 2.** Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta compartimento ecológico suelo.

#### **4.3. Abundancia de la mesofauna evaluado en la parcela alta compartimento ecológico hojarasca.**

Los resultados de la mesofauna existentes en la parcela alta compartimento hojarasca el número total de individuos colectados es de 1218 especímenes que se encuentran divididos en órdenes y subfamilias descritas anteriormente (Figura 3). Los porcentajes de los especímenes identificados en el compartimento ecológico hojarasca son similares a la del suelo, obteniendo un mayor porcentaje para el orden Hymenoptera con 477 (39 %) de individuos colectados, dentro de este orden la subfamilia que cuenta con mayor número de individuos es Amblyoponinae; esto coincide con la investigación realizado por Lattke (2003), donde menciona que estas especies se en áreas boscosas húmedas tanto en el trópico como en zonas templadas habitan en maderas en descomposición, coincidiendo con los descrito por Bolton (2003) menciona que los Amblyoponinae están distribuidos en todas partes del mundo, encontrando colonias completas en las hojarasca de bosques primarios y secundarios, y la manera exitosa para capturar a esta subfamilia es en el compartimento hojarasca.

Dentro de análisis de resultado la subclase Acari y sus órdenes abarca un total de 440 individuos dando un porcentaje de 36 %; seguido demuestra la subclase Collembola (lombrices) con 109 individuos 9 %; el 16% restante están representados por los órdenes

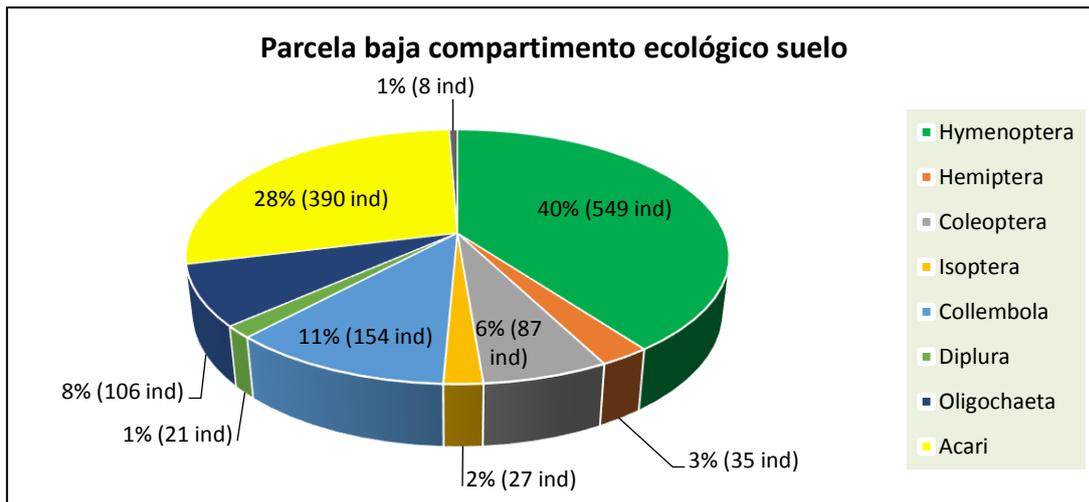
que se detalla en la (figura 3).



**Figura 3.** Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta compartimento ecológico hojarasca.

#### 4.4. Abundancia de la mesofauna evaluado en la parcela baja compartimento ecológico suelo.

En esta parcela se ha identificado 1377 individuos en el compartimento ecológico suelo (Figura 4), Orden Hymenoptera y Acari son las que mayor abundancia de mesofauna representando con 549 y 390 individuos respectivamente dando un porcentaje del 40 % y 28 % de mesofauna para cada Orden. Collembola se encuentra presente con 154 individuos el 11%. Fragoso (2011), demuestra que los Oligochaeta (lombrices de tierra) se encuentra mayores números de individuos en ambientes naturales, que en sitios perturbados y manejado por el hombre como en los pastizales, plantaciones de árboles, cultivos anuales. Esto sería razones por las que no se encuentran muchos individuos de lombrices, debido a que las parcelas se encuentran monitoreados constantemente levantando información para diferentes investigaciones. Isopoda y Diplura son grupos que menos porcentaje 1 % viene demostrando en cada uno de los compartimentos.

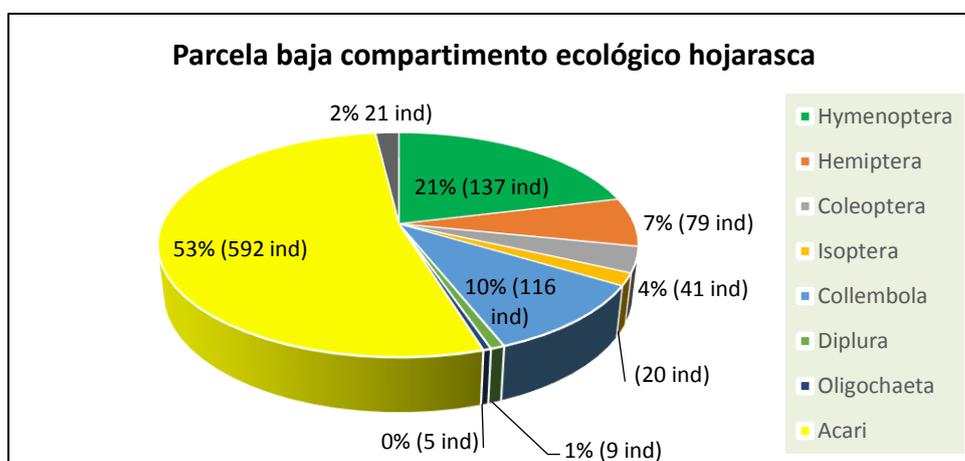


**Figura 4.** Individuos de mesofauna identificado en la parcela baja compartimento ecológico suelo.

#### 4.5. Abundancia de mesofauna evaluado en la parcela baja compartimento ecológico hojarasca.

La abundancia de la mesofauna se demuestra en la (Figura 5). En el compartimento ecológico hojarasca de esta parcela se ha colectado 1120 que están divididos en órdenes y subórdenes conforme demuestra en la figura. El 50 % del total de individuos colectados pertenece a la subclase Acari, dentro de ello el orden que más individuos tiene es Oribatida con 305 individuos colectados en esta parcela.

Diplura es uno de los grupos que presenta con el 1 %; según Bareth y Pagés (1994) determinan que los Dipluros son más frecuentes en sitios con humedad relativamente alta; de tal manera que su medio más afín son los bosques, las selvas y las altas montañas, se hacen las galerías y se penetran en el suelo donde se puede encontrar hasta una profundidad de 60 cm.

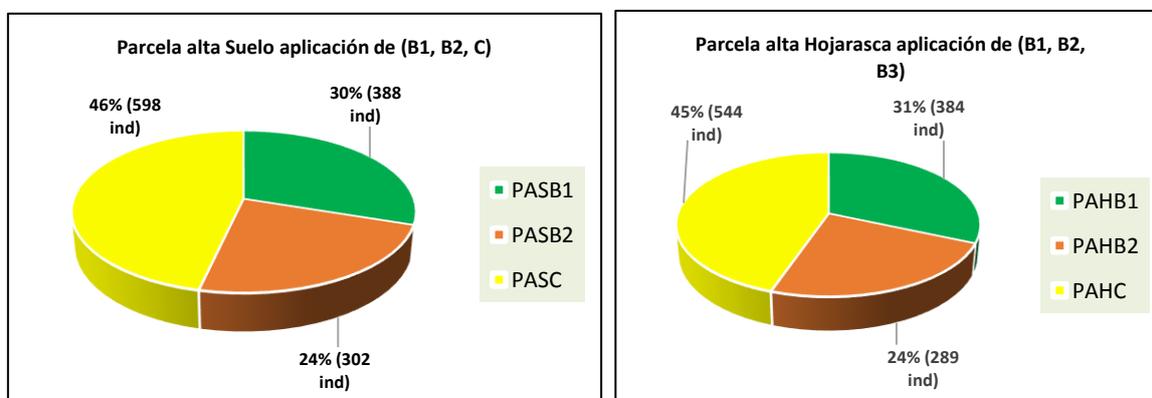


**Figura 5.** Representación de individuos de mesofauna identificado en la parcela baja compartimento ecológico suelo.

#### 4.6. Abundancia de mesofauna evaluado para identificar las influencias de la aplicación de la enmienda biocarbón

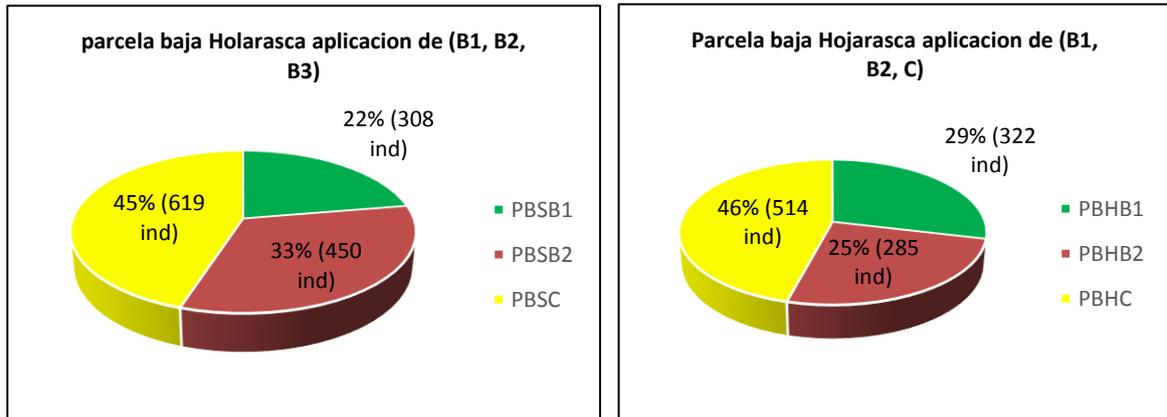
En las parcelas alta y baja hay tratamientos con la aplicación de las enmiendas: Biocarbón Manufacturado (B1), Biocarbón Tradicional (B2) y sin la Aplicación de la Enmienda (C) los resultados reflejan de la siguiente forma:

De los 5003 individuos colectados, 388 individuos que corresponde al 30.13 % se encontró en el tratamiento donde se aplicó el biocarbón (B1), 302 especímenes que equivale el 23.45 % corresponde al tratamiento de biocarbón tradicional (B2), y 598 el 46.43 % de especímenes colectados corresponde al tratamiento donde no se aplicó la enmienda (control) (C) estos para para la parcela alta compartimento suelo y para el compartimento hojarasca: 384 especímenes 31.55 % colectadas corresponden al tratamiento (B1), 289 que corresponde el 23.75 % corresponde al tratamiento (B2), y 544 individuos 44.70 % corresponde al tratamiento control ( C ) (Figura 6).



**Figura 6.** Representación de individuos de mesgofauna identificado en la parcela alta compartimento suelo y hojarasca con respecto a la aplicación de la enmienda de biocarbón (B1, B2, C).

Para la parcela baja dentro del compartimento suelo se colectó 308 individuos 22.37 % que corresponde al tratamiento (B1), 450 especímenes de mesofauna 32.68 % corresponde al tratamiento (B2), y 619 especímenes 44.95 % corresponde al tratamiento ( C ); esto para el compartimento ecológico suelo de la parcela baja; posteriormente en la hojarasca se ha colectado 322 individuos 28.72 % corresponde al tratamiento (B1), 285 que corresponde el 25.42 % encontrado en el tratamiento (B2) y 514 individuos 45.85 % corresponde al tratamiento ( C ) (Figura 7).



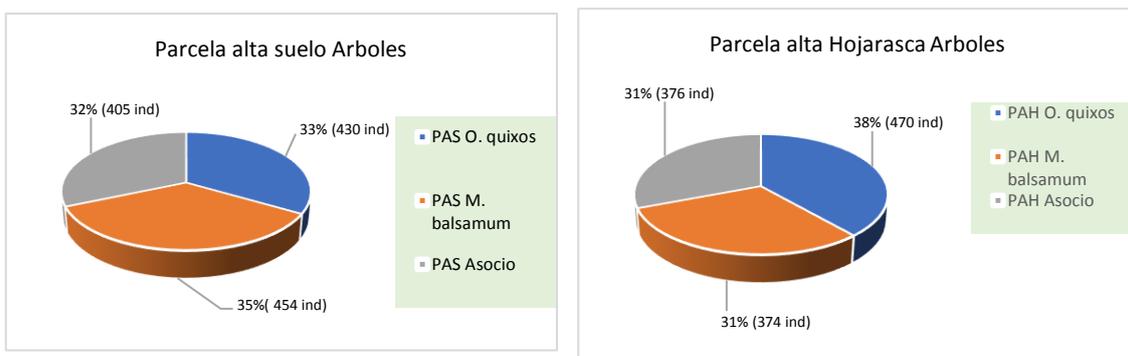
**Figura 7.** Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C).

#### 4.7. Abundancia de mesofauna evaluado con respecto a los arreglos silvícolas

Los resultados de número de individuos de mesofauna colectados en cada uno de las parcelas se demuestran en (Anexo 6).

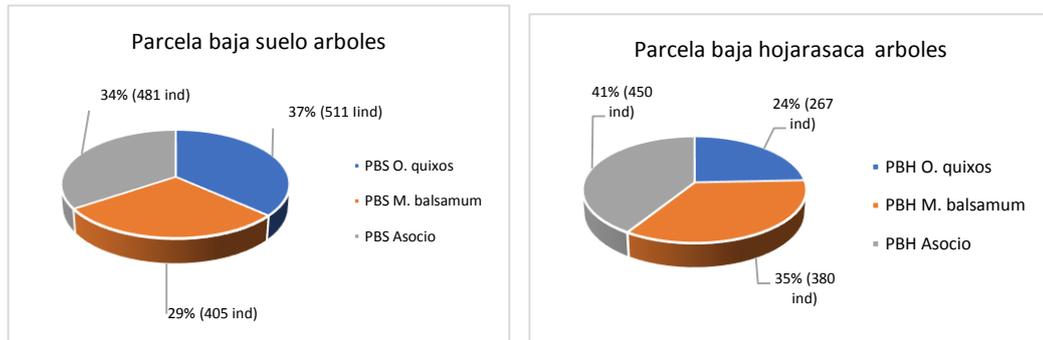
Al analizar con respecto al factor arboles donde se encuentran los arreglos silvícolas monocultivo de canela, monocultivo bálsamo y la asociación de las dos especies; los resultados en porcentajes de la mesofauna colectada para cada uno son:

Para la parcela alta compartimento ecológico suelo. El 33.36 % de individuos colectados pertenece al Tratamiento (T1) donde está establecido monocultivo de *Ocotea quixos*, el 35.22 % corresponde al Tratamiento (T2) monocultivo de *Myroxylon balsamum*, 31.42 % corresponde al Tratamiento (T3) asociación de las dos especies. En la misma parcela, para el compartimento ecológico hojarasca la abundancia de la mesofauna evaluado en porcentajes son: 38.52 % corresponde al Tratamiento (T1), 30.66 al Tratamiento (T2), y 30.82 % de individuos se ha colectado del Tratamiento (T3).



**Figura 8.** Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C).

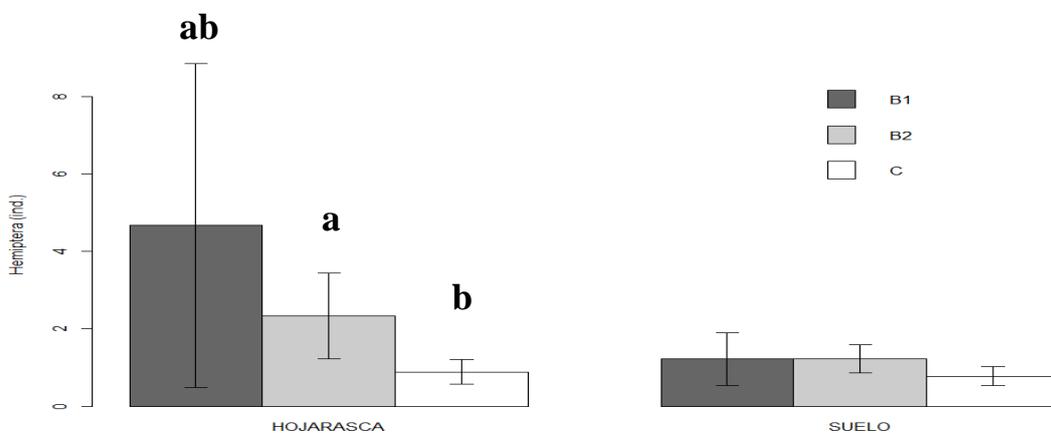
Los resultados en porcentajes de la mesofauna colectada en la parcela baja compartimento ecológico suelo son: 36.58 % corresponde al Tratamiento (T1), 28.99 % de individuos es del Tratamiento (T2), 34.43 % es del Tratamiento (T3). Dentro del compartimento ecológico hojarasca se encuentra 24.34 % correspondiente del Tratamiento (T1), 34.64 % del Tratamiento (T2) y 41.02 % proveniente del Tratamiento (T3) (Figura 9).



**Figura 9.** Representación de porcentajes de individuos de mesofauna identificado en la parcela alta y baja con relación a la aplicación de la enmienda (B1, B2, C).

#### 4.8. Graficas de análisis de medias truncadas

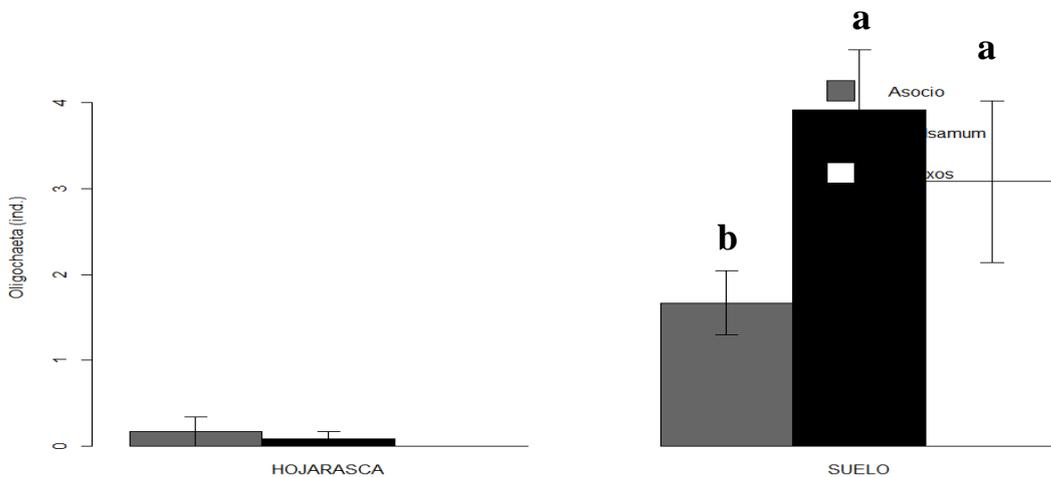
Mediante la gráfica de análisis de varianza de media truncadas se demuestra que en el compartimento ecológico hojarasca de la parcela baja, Las medias de abundancia de Hemíptera en B1 y B2 son significativamente diferentes a la que se encuentra en el control, encontrándose en mayor cantidad individuos de Hemíptera donde se aplicó la enmienda de Biocarbón tradicional (B2), y biocarbón manufacturado (B1). Esto se puede apreciar en la (Figura 10).



**Figura 10.** Abundancia de individuos de Hemiptera con respecto al biocarbón

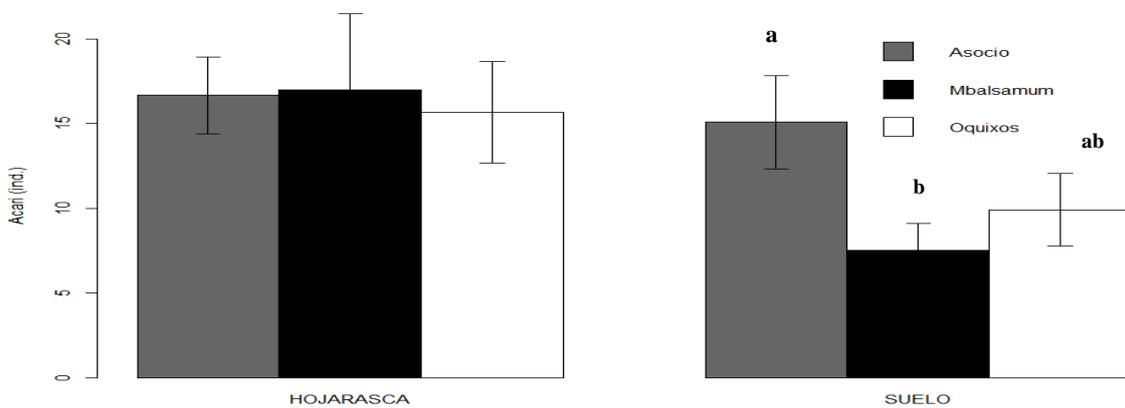
Mediante la gráfica de análisis de varianza de media truncadas se demuestra que en el compartimento ecológico suelo de la parcela baja, Las medias de abundancia de

Oligochaeta donde se encuentra *Myroxylon balsamum* son significativamente diferentes con respecto a otras especies presente. Encontrándose en mayor cantidad individuos de Oligochaeta donde se encuentra establecido bálsamo (Figura 11).



**Figura 11.** Existencia de individuos de Oligochaeta con respecto a los arreglos silvícolas

En la parcela baja compartimento ecológico suelo, mediante la gráfica de análisis de varianza de media truncadas se demuestra que se encuentra un mayor número de individuos de Ácaros donde están establecidos la asociación de bálsamo y canela (Figura 12).



**Figura 12.** Existencia de individuos de Acari con respecto a los arreglos silvícolas

#### 4.9. Resultados obtenidos mediante análisis estadístico aplicando programa R paquete mvabund

##### 4.9.1. Mesofauna existente en comparación entre la parcela alta y baja

Mediante el análisis multivariado, la mesofauna existente en la parcela alta y baja refleja diferencias significativas (**LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\*** =1134, **p** proporción= 0.001). Al realizar el análisis univariado, se demuestran diferencias significativas para los siguientes taxones: Prostigmata (LRT =46.20, p 0.001), Ptiliidae (LRT =12.73, p 0.021), y Formicinae (LRT=11.72, p 0.021). Se nota una tendencia del orden Hemiptera, sub orden Sternorrhyncha (LRT=8.88, p 0.084) (Figura 13).

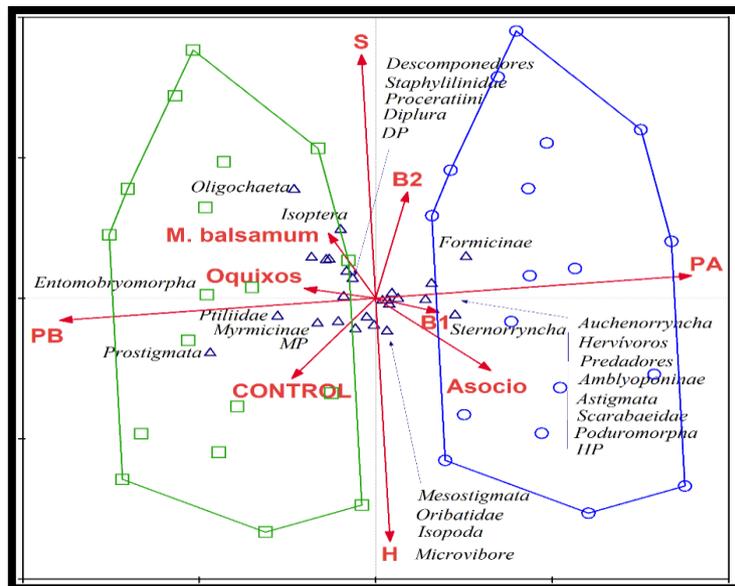


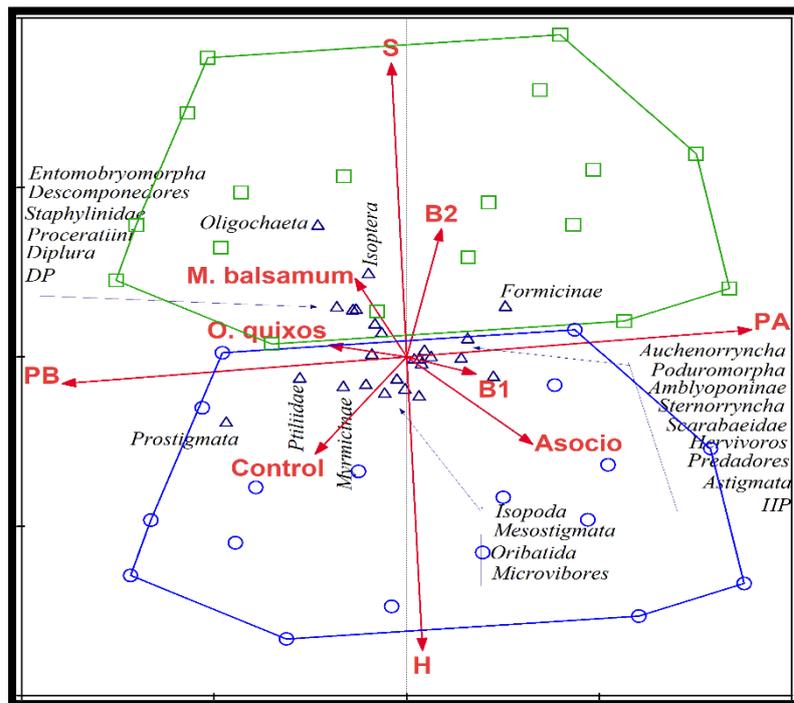
Figura 13. Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja

##### 4.9.2. Mesofauna existente en Compartimento Ecológico (Hojarasca, Suelo) parcela alta y baja

Al analizar los resultados multivariados, comparando los compartimentos ecológicos se encontró diferencias significativas (**LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\*** =1121, proporción= 0.001) entre los invertebrados colectados en hojarasca y los colectados en suelo. Mediante el análisis univariado se encuentran diferencias significativas en los taxones:

Oligochaeta (LRT=47.23, p 0.001), Formicinae (LRT=14.23, p 0.008), Proceratiinae

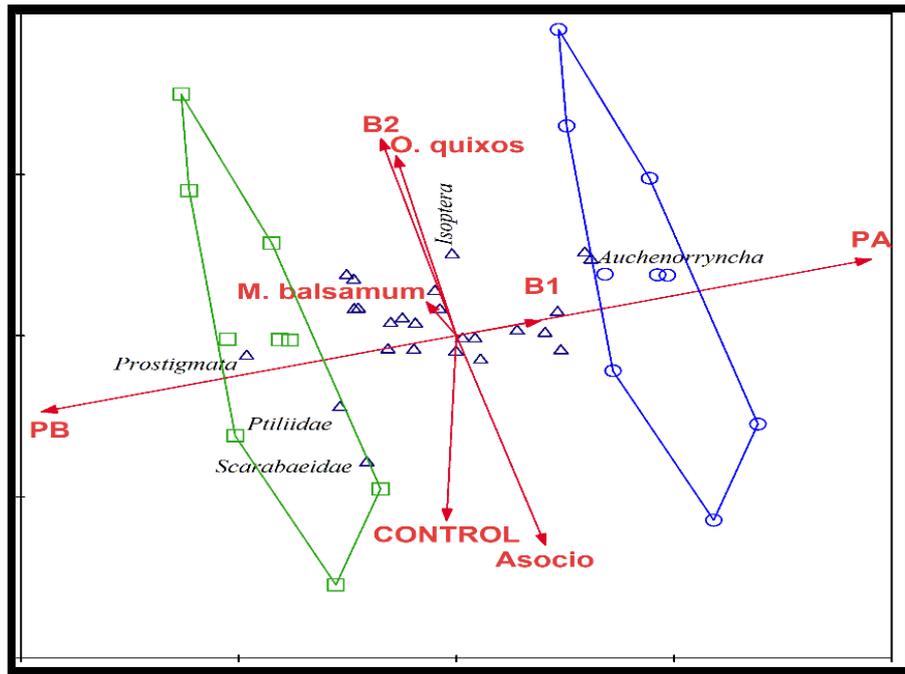
(LRT=11.14, p 0.025), y los descomponedores (Scarabaeidae, Isoptera, Entomobryomorpha, Poduromorpha, Diplura, Oligochaeta, Isopoda) (LRT=11.03, p 0.025). Al realizar análisis de interacciones entre parcelas y árboles se encuentra los taxones: Sternorrhyncha (LRT=23.06, p 0.002) que son significativos. Al examinar la interacción entre parcelas y compartimento ecológico, se encuentra los taxones: Scarabaeidae (LRT=28.59, p 0.001), Mesostigmata (LRT=16.61, p 0.003), Auchenorrhyncha (LRT=15.26, p 0.007), Formicidae (LRT=14.36, p 0.007), Oligochaeta (LRT=9.81, p 0.050), con diferencias significativas (Figura 14).



**Figura 14.** Mesofauna en comparación entre parcela y compartimento ecológico

#### 4.9.3. Mesofauna existente en comparación entre la parcela alta y baja con respecto al Suelo.

Mediante el análisis multivariado, la mesofauna existente en la parcela alta y baja con respecto al Suelo refleja diferencias significativas (LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\* =174.65, proporción= 0.001), seguido se procede realizar el análisis univariado donde se encuentran diferencias significativas para los siguientes taxones: Auchenorrhyncha (LRT=16.41, p 0.005), Scarabaeidae (LRT =7.35, p 0.111), Pitiliidae (LRT =11.10, p 0.023), Prostigmata (LRT=37.63, p 0.001), Mesostigmata (LRT =11.45, p 0.023), Auchenorrhyncha (LRT =16.43, p 0.005) (Figura 15).



**Figura 15.** Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja con respecto al compartimento ecológico suelo

#### 4.9.4. Mesofauna existente en comparación entre la parcela alta y baja con respecto a la Hojarasca.

El análisis multivariado refleja diferencias significativas en comparación de la parcela alta y baja en cuanto al Compartimento Ecológico (Hojarasca) (LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\* =133.78, proporción= 0.001), analizando de forma univariado, se encuentran diferencias significativas para los siguientes taxones: Formicinae (LRT=11.72, p 0.014), Ptiliidae (LRT=12.73, p 0.010), Prostigmata (LRT=46.19, p 0.001). Análisis de interacciones entre parcelas y árboles, demuestran diferencias significativas para Sternorrhyncha (LRT=23.05, p 0.001); en las interacciones analizadas entre parcelas, árboles y biocarbón se encuentra diferencia significativa para la orden Hymenoptera subfamilia Formicinae (LRT=11.69, p 0.61) (Figura 16).

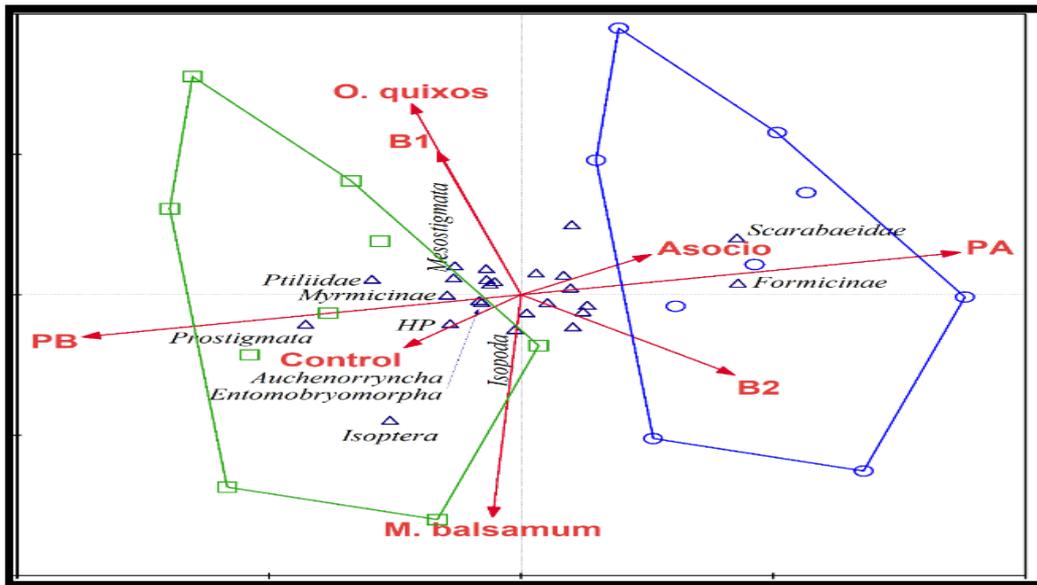


Figura 16. Mesofauna en comparación entre parcela alta y baja con respecto al compartimento ecológico hojarasca

#### 4.9.5. Mesofauna existente en la parcela alta compartimento Ecológico

Resultados de análisis multivariado, en la parcela alta con respecto a comportamiento ecológico (suelo, hojarasca); se demuestra tendencia significativa (LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\* =66.42, proporción= 0.012) el invertebrado colectado en el compartimento ecológico suelo y hojarasca de la parcela alta; al realizar el análisis univariado, demuestra tendencia al orden Hemiptera, suborden Auchenorrhyncha (LRT=9.28, p 0.081) (Figura 17).

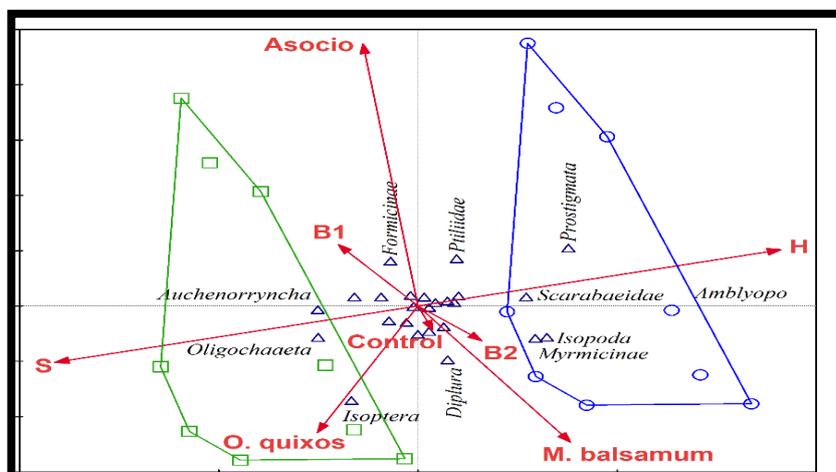


Figura 17. Mesofauna en la parcela alta compartimento ecológico

#### 4.9.6. Mesofauna existente en la parcela baja compartimento Ecológico

Resultados de análisis multivariado, en la parcela baja con respecto a compartimento ecológico (suelo, hojarasca); se demuestra diferencias significativas (LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\* =190.39, proporción= 0.001) entre los invertebrados colectados en el compartimento ecológico suelo hojarasca de la parcela baja. Mediante el análisis univariado se encuentran diferencias significativas en los taxones: Formicinae (LRT=20.51, p 0.002), Scarabaeidae (LRT=19.70, p 0.002), Oligochaeta (LRT=61.74, p 0.001). Existe tendencia para el orden Mesostigmata (LRT=14.11, p 0.006) (Figura 18).

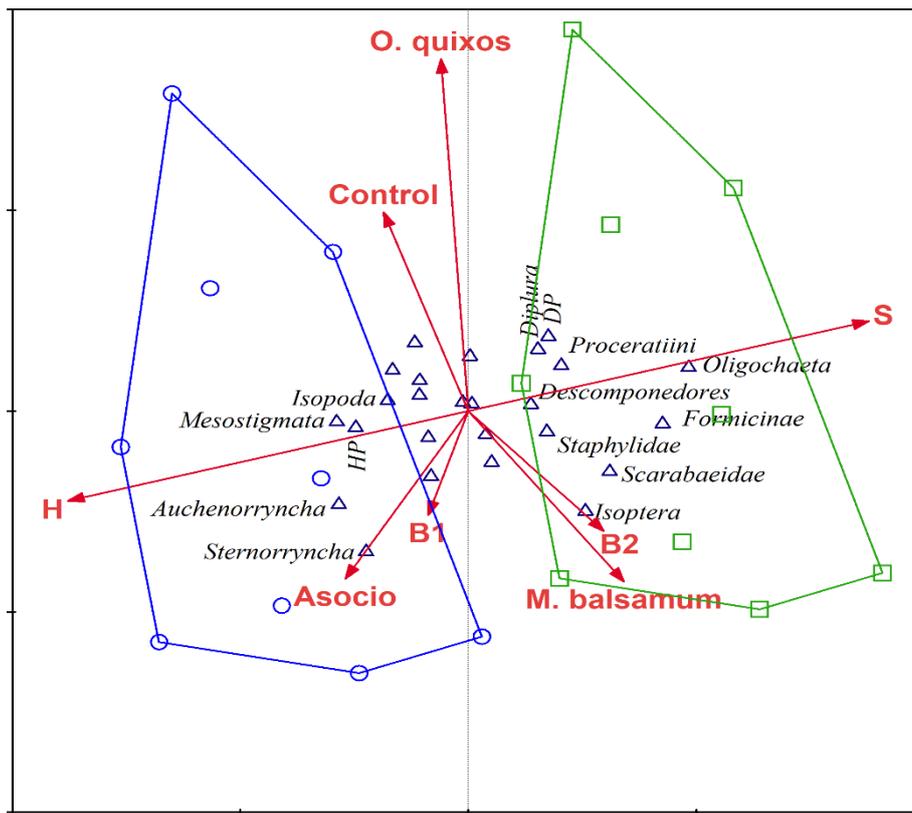
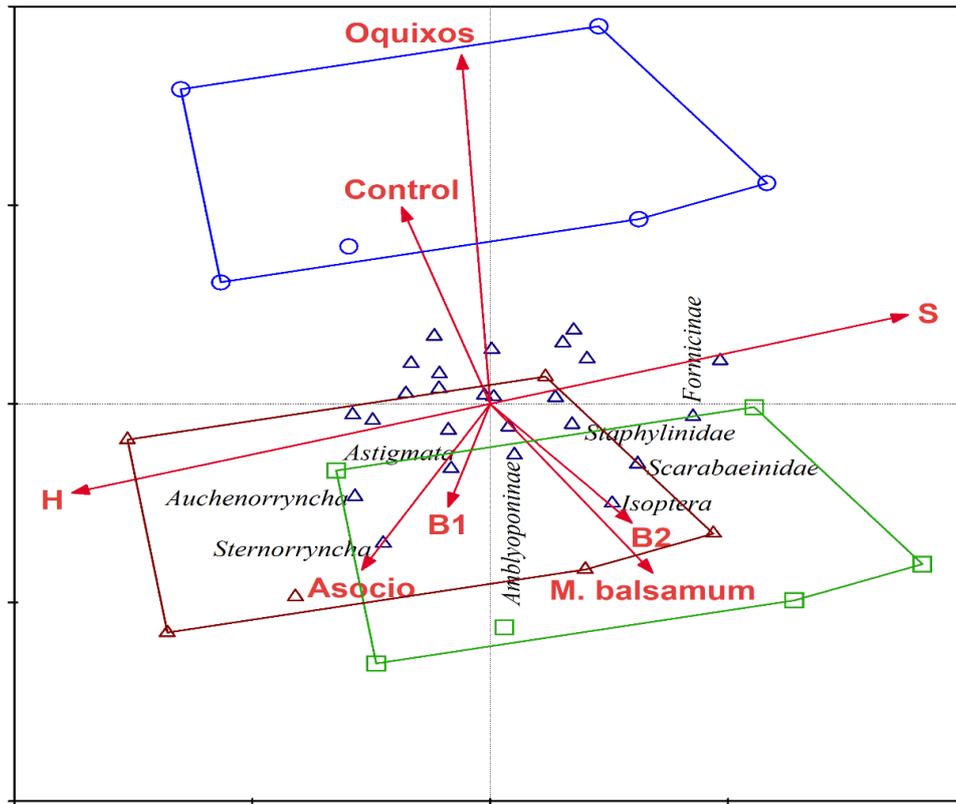


Figura 18. Mesofauna en la parcela baja con respecto al compartimento ecológico

#### 4.9.7. Mesofauna existente en la parcela baja diferencia entre árboles.

Mediante el análisis multivariado, los árboles existentes en la parcela baja reflejan diferencias significativas (LRT Likelihood Ratio Test \* Cociente de Probabilidad\* =91.03, p proporción= 0.021). Al realizar el análisis univariado, se encuentran diferencias significativas para Sternorrhyncha (LRT=16.74, p 0.012). Taxón que se encuentra mayor presencia en el tratamiento de especies en asociación entre canela y bálsamo (Figura 19).



**Figura 19.** Diferencia en la parcela baja con respecto arboles

Se encontraron varias categorías taxonómicas, en las parcelas seleccionadas para la investigación. Estos individuos mostraron variaciones significativas a los factores: tipo de suelo parcela alta y parcela baja (PA, PB); compartimento ecológico (suelo y hojarasca).

Al realizar el análisis multivariado y univariado de varianzas de abundancia para el factor enmienda de biocarbón manufacturado (B1), biocarbón tradicional (B2) y el control (C) no demuestra respuestas significativas; sin embargo, el orden Hymenoptera y subclase acari muestran mayor abundancia donde se aplicaron el biocarbón manufacturado (B1), biocarbón tradicional (B2) con respecto al control (C).

No se encuentra investigaciones similares con biocarbón en la Amazonía ecuatoriana; sin embargo, investigación realizada en Cuba por Ana, Socarrás, Robaina (2009), donde caracterizan la mesofauna en diferentes usos de la tierra: bosque regenerado, pastizal, caña de azúcar, y cultivos; como resultados obtuvieron que mayor número de individuos de mesofauna obtuvieron en el suelo donde se encuentra bosque secundario, seguido de los cultivos, el pastizal y la caña de azúcar. El orden Oribatidos y Astimatas se encuentra en mayor cantidad en bosque secundario lo que demuestra la estabilidad y fertilidad del suelo.

## **CONCLUSIONES**

- Al realizar el análisis multivariado de la mesofauna existentes en los tratamientos donde se aplicaron el biocarbón manufacturado, biocarbón tradicional y el control, no demuestran diferencias significativas.
- Se ha colectado 5003 individuos de mesofauna 2665 especímenes que corresponde al compartimento ecológico suelo y 2338 individuos colectados en compartimento ecológico hojarasca, mismos que están divididos en cinco órdenes (Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera, Isoptera, Isopoda); una clase (Diplura) y 3 subclases (Collembola, Oligochaeta y Acari).
- El orden Hymenoptera, subfamilia Amblyoponinae tiene 685 individuos y la subclase Acari, orden Oribatida cuenta con 1056 especímenes colectados siendo los especímenes más abundantes identificados en las parcelas de estudio.

## **RECOMENDACIONES**

- Los efectos del biocarbón dan resultados en cortos, mediano y largo plazo por lo que se recomienda realizar la evaluación a las parcelas donde se encuentran aplicados las enmiendas a largo plazo y en diferentes estaciones del año para tener resultados diferentes.
- Se recomienda seguir con las investigaciones con diferentes arreglos silvícolas, especies forestales originarias de la amazonia ecuatoriana incentivando a la reforestación y conservando suelos degradados por la frontera agropecuaria.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., Wessolek, G., 2013. Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., Wessolek, G., 2013. Impacto de la adición de biochar e hidroxicar sobre la retención de agua y la repelencia al agua del suelo arenoso. *Geoderma* 202, 183–191.
- Aguirre N., (2007). Contribuciones de la silvicultura a la reforestación con especies nativas en la región de selva tropical de montaña del sur de Ecuador.
- Ahmad, M., Rajapaksha, A., Lim, E., Zhang, M., Bolan N, Mohan D, Vithanagef M, Lee SS, Ok YS (2014). Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere* 99:19–33
- Andina, P. (1990). Descomposición de la materia orgánica en dos ecosistemas forestales del macizo del Montseny (Barcelona): papel de los ácaros *oribátidos* (Acarina, *Oribatei*). 237 p.
- Angulo R. W. (2011). Estación Experimental Agraria Pucallpa “estoraque” *Myroxylon balsamum* (L.) Harms. Ministerio de Agricultura – Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – INIA (en línea). Consultado 02 de mayo 2011.
- Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA (2010) Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soil: a review. *Plant Soil* 337:1–18.
- Balat M, Kirtay E, Balat H (2009) Principales rutas para la termoconversión de biomasa en combustibles y productos químicos. Parte 1: Sistemas de pirólisis. *Energ Convers Manage* 50: 3147–3157.
- Bareth, C. y J. Pagés. 1994. Diploures cavernicoles. In *Encyclopaedia biospeologica*, I. Decou y C. Juberthie (eds). Moulis-Bucarest, Francia-Rumania. p. 277-283.

- Barker, A. V, Bryson, G. M. (2006). Nitrogen. In: Barker, A. V; Pilbeam, D. J. Handbook of plant nutrition. Taylor and Francis. U.S.A. pp. 21-50.
- Behan, p, V.M. (1999). Oribatidas biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. *Agric. Ecosyst. And Environ.* 74:411.
- Bellinger, P.F.; Christiansen, K.A. Janssens, F. (2003). Checklist of the Collembola: Families. Department of Biology. University of Antwerp (RUCA).
- Bolton B. 2003. Synopsis y classification of Formicidae. Memoirs of the American Entomological Institute, Vol. 71, 370 pp.
- Bolton, B., Alpert, G., Ward, PH. S. & P. Naskrecki. (2006). Bolton catalogue of Ants of the World 1758-2005. Ed. Harvard University press.
- Cárdenas López, D., & Salinas R, N. (2007). Libro rojo de plantas de Colombia (Vol. IV). Bogotá: SINCHI.
- Carvajal, J.; Shacay, C. (2004). Aja Shuar. Sabiduría Amazónica. De la práctica a la reflexión y aprendizaje de la bio-cultura. Fundación Etnoecológica Cultural “Tsantsa” – FECTSA. Sucua -Morona Santiago, Ecuador. 128 pp.
- Cazorla, M, M.P. (2013). *Actividad fotoprotectora del maracuyá (Passiflora edulis), Ishpingo (Ocotea quixos) Enfototipos iii (Homo sapiens) para elaboración de un protector solar.*
- Chocobar, E. (2010). Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo *Cumulic Phaozem* sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración. 63 p.
- Cordero, J., Boshier, D.H., Barrance, A., Beer. J., Boshier, D.H., Chamberlain, J., Cordero, J., Detlefsen, G., Finegan, B., Galloway, G., Gómez, M., Gordon, J., Hands, M., Hellin, J., Hughes, C., Ibrahim, M., Kass, D., Leakey, R.; Mesén, F., Montero, M., Rivas, C., Somarriba, E., Stewart, J. & Pennington, T. (2003).

Árboles de Centroamérica: un manual para extensionistas. Oxford: OFI/CATIE.1079p.

Cristescu, R.H.; Frere, C.; Banks, P.B. A review of fauna in mine rehabilitation in Australia: current state and future directions. *Biological Conservation*, v.149, p.60-72, (2012). DOI: 10.1016/j.biocon.2012.02.003.

Ducarme, X.; André, H.M.; Wauthy, G. & Lebrun, P. (2004). ¿Are there real endogeic species in temperate forest mites? *Pedobiologia*. 48:139.

Estrella, E. (1998). *El pan de América: Etnohistoria de los alimentos aborígenes en el Ecuador* (Tercera ed.). Quito: FUNDACYT.

FAO. (2011). Assessing Forest Degradation. Towards the development of globally applicable guidelines. Forest Resources Assessment Working Paper No. 177. Rome.

Farag, I. H., C. E. LaClair, and C. J. Barrett. 2002. La viabilidad técnica, ambiental y económica del bio-aceite en el país del norte de New Hampshire. Centro de Investigación Industrial de New Hampshire. [www.unh.edu/p2/biooil/bounhif.pdf](http://www.unh.edu/p2/biooil/bounhif.pdf).

Fernández, F. (2003). Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos, Bogotá, Colombia. XXVI. 398 p.

Fragoso, C. 2011. Lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta). La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Vol II. Diversidad de especies: conocimiento actual, A. Cruz, F. Lorea, V. Hernández y J. E. Morales (eds.). Conabio, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, INECOL. p. 259-268.

Garbisu, C., Becerril, J. M., Epelde, L., y Alkorta, I. (2007). Bioindicadores de la calidad del suelo: herramienta metodológica para la evaluación de la eficacia de un proceso fitorremediador. Dpto. Bioquímica Y Biología Molecular.

- García-Álvarez, A. & Bello, A. (2004). Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost. León, España. p. 211.
- González, V. (2001). Mesofauna edáfica asociada a un cultivar de caña de azúcar. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Biología, Universidad de La Habana. 177 p.
- González, V.; Díaz, M. & Prieto, D. (2003). Influencia de la cobertura vegetal sobre las comunidades de la mesofauna edáfica en parcelas experimentales de caña de azúcar. *Rev. Biología*. 17 (1):18.
- Grandtner, M. M., & Chevrette, J (2013). Dictionary of trees South America: Nomenclature, Taxonomy and Ecology (Vol. 2). Boston, USA: Academic Press.
- Hansen, R.A. & Coleman, D.C. 1998. La complejidad y composición de la camada son determinantes de la diversidad y composición de especies de ácaros oribátidos (Acari: Oribatida) en bolsas de arena. *Apl. Suelo ecol.* 9:17.
- Holl KD, Loik ME, Lin EHV, Samuels IA. Tropical montana forestales en Costa Rica: barreras a la dispersión y establecimientos. *Restor Ecol.* 2000; 8: 339-49.
- Hunter, M. ADL, S. Pringle, C. Y Coleman, D. (2003). Relative effects of macroinvertebrates and habitat on the chemistry of litter during decomposition. *Pedobiologia.* 47:2 - 6.
- Laestadius, L., Maginnis, S., Minnemayer, S., Patapov, P., Saint-Laurent, C. y Sizer, N. 2011. Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal; *Unasylva* 238 (62): 47-48 (disponible en: [www.fao.org/docrep/015/i2560s/i2560s08.pdf](http://www.fao.org/docrep/015/i2560s/i2560s08.pdf)).
- Laird D, Fleming P, Wang B, Horton R, Karlen D (2010b) Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma* 158:436– 442.

- Laird, D. A., R. Brown, J. Amonette, and J. Lehmann. 2009. Review of the pyrolysis platform for coproducing bio-oil and biochar. *Biofpr* 3: 547-562.
- LaPolla, J. Fisher, BL (2014). Una reexaminación del género de hormiga *Paratrechina* (Hymenoptera, Formicidae). *ZooKeys* 422, 35–48.
- Lattke J.E. 2003. Subfamilia Ponerinae. 271-276 pp. En: Fernández F. (ed.). *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia XXV + 398 p.
- Lavelle, P. (1997). Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecology Research* 27: 93-132.
- Lehmann J, Joseph S (2009) *Biochar for environmental management: an introduction*. En: Lehmann J, Joseph S (eds.). *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. Earthscan Publications Ltd, London
- Limongi, R. 2008. Catálogo del banco de germoplasma de bálsamo. Programa Nacional de Forestería. Estación Experimental Portoviejo, Estación Experimental Litoral Sur. INIAP. 8 P.
- Linden, D., Hendrix, F., Coleman, D. & Van Vliet, P. 1994 Indicadores de fauna de la calidad del suelo. En: Doran, J., Coleman, D., Bezdicek, D. y Stewart, B. (Eds.) *Soil Science Society of America - American Society of Agronomy*, 35: 91-106.
- LINDO, Z. & WINCHESTER, N.N., 2007. - Oribatid mite communities and foliar litter decomposition in canopy suspended soils and forest floor habitats of western redcedar forests, Vancouver Island, Canada. *Soil Biology & Biochemistry*, 39: 2957-2966.
- Lopes, E. R. C. Souza, M. Bond-Bocok, G. y Araujo, P. B. (2005). Oniscidea diversity across three environments in a altitudinal gradients in northeastern Rio grande

- de sul, Brazil. *European Journal of Soil Biology*. 41: 99-107.
- Lua AC, Yang T, Guo J (2004) Effects of pyrolysis conditions on the properties of activated carbons prepared from pistachio-nut shells. *J Anal Appl Pyrol* 72:279–287.
- Melo, F.V. de; Brown, G.G.; Constantino, R.; Louzada, J.N.C.; Luizao, F.J.; Moraes, J.W. de; Zanetti, R. Importancia de meso y macrofauna y de fertilidad como bioindicadores. *Boletín Informativo da Sociedad Brasileira de Ciencia*, v.34, p.39-43, 2009.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017, Quito marzo 2017.
- Ministerio de Ambiente Plan Nacional de Restauración Forestal 2014-2017 Quito marzo 2014
- Mohan D, Pittman CU, Steele PH (2006) Pyrolysis of wood / biomass for biooil: a critical review. *Energ Fuel* 20:848–889.
- Montalvo, C. (2013). Efectos de la Contaminación del Suelo en la Productividad de los cinco sectores agrícolas de la parroquia de Tumbaco Ecuador.
- Moreira, F.M.S.; Siqueira, J.O.; Brussaard, L. 2008. Biodiversidad del suelo en ecosistemas brasileños *Biodiversidade do Solo em Ecosistemas Brasileiros*.
- Nóbrega, IP. (2011). Efectos del biochar en las propiedades físicas y químicas del suelo: secuestro de carbono en el suelo.
- Noriega, P., & Dacarro, C. (2008). Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. *La granja* (3) ,2-8.
- Palacios-Vargas, J.G. (2000). Protura y Diplura. En: Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento. (Eds. J. Llorente, E. González y N. Papayero). Vol. II, UNAM, México. p. 275.

- Paoletti, M. y Hassall, M. 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 74:157 - 165.
- Ríos, M., Koziol, M. J., Perderson, H. B., & Granda, G. (2007). *Plantas útiles del Ecuador*. Quito: Abya-Yala.
- Rondon M, Molina D, Ramírez J, Amezquita E, Major J y Lehmann J 2006 Enhancing the productivity of crops and grasses while reducing greenhouse gas emissions through bio-char amendments to unfertile tropical soils. Poster World Congress of Soil Science, Philadelphia, PA, July 10-14.2006.
- Sadaka, S. 2007. 2. PYROLYSIS Centro de tecnologías medioambientales sostenibles. Departamento de Ingeniería Agrícola y Biosistemas. Universidad del Estado de Iowa. Nevada.
- Socarrás, Ana A.; Robaina, N. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa
- Sohi SP, Krull E, Lopez Capel E, Bol R (2010) Una revisión del biochar y su uso y función en el suelo. *Adv Agron* 105: 47–82
- Sombroek W, Ruvio ML, Fearside PM, Glaser B, Lehmann J (2003) Amazonian Dark Earths as carbon stores and sinks. En: Lehmann J, Kern DC, Glaser B, Woods WI (eds). *Amazonian Dark Earths: Origins, properties, management*. Kluwer Acad Publ, Dordrecht, Netherlands, pp 125–139.
- Swift RS (2001) Sequestration of carbon by soil. *Soil Science* 166: 858–871 Tammeorg P, Simojoki A, Mäkelä P, Stoddard F, Alakukku L, Helenius, J (2014) Biochar application to a fertile sandy clay loam in boreal conditions: effects on soil properties and yield formation of wheat turnip rape and faba bean. *Plant Soil* 374:89–107.

- Swift, M. J., L. Bohre, S. E. Carter, A. M. Izac and P. L. Woomer. 1994. Biological management of tropical soils: integrating processes research and farm practice. In P. L. Woomer and M. J. Swift (Eds). The biological management of tropical soil fertility. pp 209-229. John Wiley & Sons. UK.
- Thomas, Evert and others (2014) Genetic considerations in ecosystem restoration using native tree species, pp. 66-75. In: Forest Ecology and Management, vol. 333, nro.1.
- Tropicos. 2013. Myroxylon balsamum. Missouri Botanical Garden. Recuperado de suelos trópicos.
- Usher, R 2006. Entender la diversidad biológica en el suelo: el Programa de Investigación de Biodiversidad del Suelo. Apl. Suelo ecol. 21:49.
- Viejo, J. L. (2007). La diversidad de artrópodos de España. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Viquez, C. y S., Longhorn. 2016. Arácnidos de Centroamérica, Visitado (Jun 2017) en línea en <http://arachnids.myspecies.info>.
- Xu G, Wei LL, Sun JN, Shao HB, Chang SX (2013) What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: ¿Direct or indirect mechanism? Ecol Eng 52:119–
- Yina, M., Genoy, J., Jesus, A., Castillo, F., Bacca, T. 2013 Acaros, Oribatidos presentes en seis sistemas de uso del suelo en Abonucu, Pasto Nariño Boletín científico centro de museo de la historia Nacional.

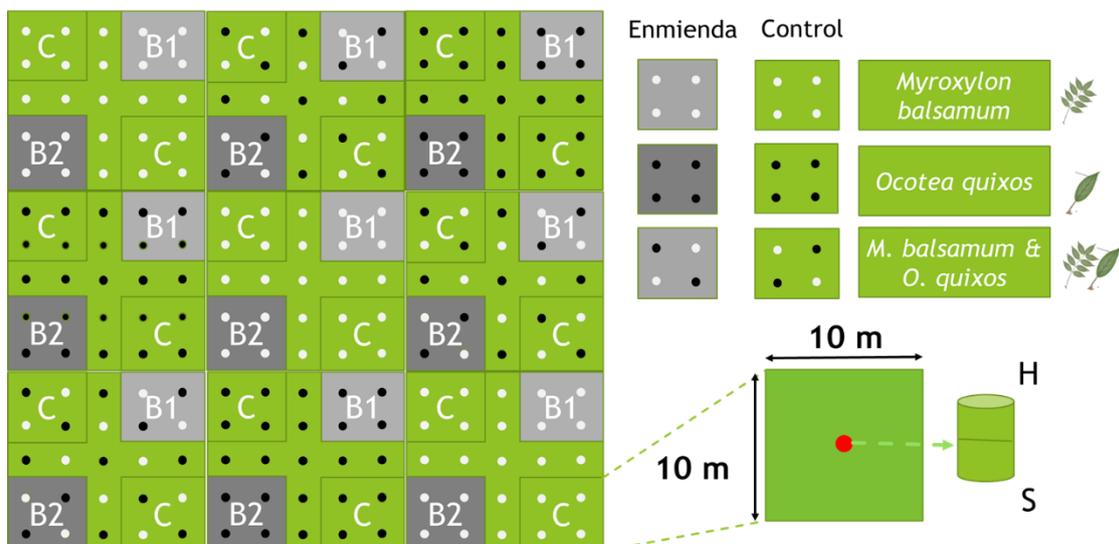
## ANEXOS

**Anexo 1.** Tabla de especies forestales consideradas en el programa de Incentivos Forestales Para la Reforestación con Fines Comerciales.

ESPECIES		densidad arb/ha	AÑO 1		AÑO 2		AÑO 3		AÑO 4		TOTAL	
			100%	75%	100%	75%	100%	75%	100%	75%	100%	75%
Nombre Científico	Nombre común											
Parkia multijuga	Cutanga	1111	\$1.567	\$1.175	\$359	\$269	\$265	\$199	\$260	\$195	\$2.451	\$1.838
		833	\$1.385	\$1.039	\$322	\$242	\$255	\$191	\$249	\$187	\$2.211	\$1.659
		625	\$1.250	\$937	\$295	\$221	\$247	\$185	\$241	\$181	\$2.033	\$1.524
		500	\$1.168	\$876	\$279	\$209	\$242	\$182	\$236	\$177	\$1.925	\$1.444
Schizolobium parahybum	Pachaco	1111	\$1.567	\$1.175	\$359	\$269	\$265	\$199	\$260	\$195	\$2.451	\$1.838
		833	\$1.385	\$1.039	\$322	\$242	\$255	\$191	\$249	\$187	\$2.211	\$1.659
		625	\$1.250	\$937	\$295	\$221	\$247	\$185	\$241	\$181	\$2.033	\$1.524
		500	\$1.168	\$876	\$279	\$209	\$242	\$182	\$236	\$177	\$1.925	\$1.444
Tectona grandis	Teca	1111	\$1.673	\$1.255	\$474	\$356	\$337	\$253	\$260	\$195	\$2.744	\$2.059
		833	\$1.495	\$1.121	\$433	\$325	\$321	\$241	\$249	\$187	\$2.498	\$1.874
		625	\$1.361	\$1.021	\$402	\$301	\$309	\$232	\$241	\$181	\$2.313	\$1.735
		500	\$1.281	\$961	\$383	\$287	\$302	\$227	\$236	\$177	\$2.202	\$1.652
Triplaris cumingiana	Fernán sánchez	1111	\$1.509	\$1.132	\$359	\$269	\$265	\$199	\$260	\$195	\$2.393	\$1.795
		833	\$1.342	\$1.007	\$322	\$242	\$255	\$191	\$249	\$187	\$2.168	\$1.627
		625	\$1.217	\$913	\$295	\$221	\$247	\$185	\$241	\$181	\$2.000	\$1.500
		500	\$1.142	\$857	\$279	\$209	\$242	\$182	\$236	\$177	\$1.899	\$1.425

Fuente: (MAE 2009).

**Anexo 2.** Diseño de las parcelas con tratamientos y arreglos silvícolas.



### Anexo 3. Resultados de análisis de suelo de las parcelas de investigación

PA PB	LOTE	Ph	ppm			%	%	TEXTURA %			
			P	S	K	M.O	HUMEDAD	Arena	Limo	Arcilla	Franco-Arenoso
PA	PAB1 0-30	4,85	3,00	6,10	0,08	13,00 A	60	54	40	6	Franco
	PAB2 0-30	4,73	4,10	9,50	0,07	13,00 A	61,4	42	50	8	F-Arenoso
	PAB3 0-30	4,76	3,50	9,30	0,05	11,00 A	60,3	60	34	6	F-Arenoso
PB	PBB1 0-30	4,84	1,10	10,00	0,04	10,70 A	46,4	60	34	6	F-Arenoso
	PBB2 0-30	4,73	4,00	11,00	0,06	8,60 A	49,2	60	36	4	F-Arenoso
	PBB3 0-30	4,92	2,60	11,00	0,05	6,30 A	45,8	56	38	6	F-Arenoso

### Anexo 4. Colecta de las muestras de la mesofauna del suelo y hojarasca en campo

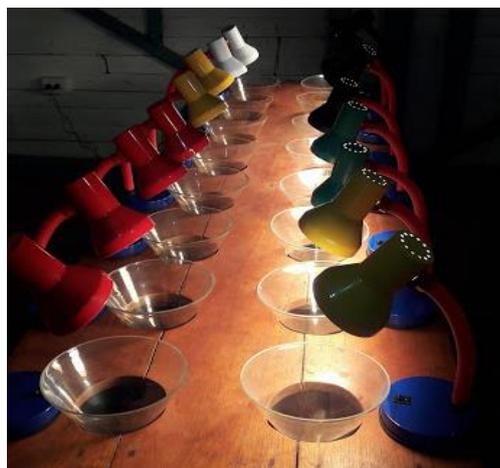


Hojarasca



Suelo

### Anexo 5. Adecuación de las lámparas con sus respectivos embudos para el secado de las muestras.



**Anexo 5.** Adecuación de las lámparas con sus respectivos embudos para el secado de las muestras.



**Anexo 6.** Resultados de la mesofauna parcela alta y baja en los arreglos silvícolas, canela, bálsamo y asociación.

CODIGOS	O. HYMENÓPTERA				O. HEMIPTERA		O. COLEÓPTERA			O. BLATTO DEA	SUBCLASE COLLEMBOLA		CLASE	S UBCLAS E	SUBCLASE ACARI				O. ISOPODA	TOTAL
	Amblyoponinae	Formicinae	Myrmicinae	Proceratiini	auchenorrhyncha	sternorrhyncha	Scarabaeidae	Staphylinidae	Ptiliidae	Isoptera	Entomobryomorpha	Poduromorpha	Diplura	Oligochaeta	Astigmata	Mesostigmata	Oribatidae	Prostigmata	Isopoda	
PAS O. quixos	80	29	1	27	17	44	1	1	1	20	18	17	6	16	63	18	71	0	0	430
PAS M. balsamum	68	24	7	30	10	26	0	7	1	13	22	15	3	15	71	24	112	0	6	454
PAS Asocio	45	64	3	29	13	28	2	7	3	3	19	16	0	12	49	20	90	0	2	405
PAH O. quixos	50	21	132	30	1	43	8	7	3	2	12	13	4	7	35	10	85	4	3	470
PAH M. balsamum	62	25	12	17	3	28	3	6	5	8	30	24	3	5	54	9	67	2	11	374
PAH Asocio	80	37	4	10	6	16	4	5	6	0	11	19	3	0	53	17	99	4	2	376
PBS O. quixos	42	17	112	73	3	0	1	7	13	5	32	30	12	39	14	9	74	24	4	511
PBS M. balsamum	63	32	11	43	2	15	5	13	9	17	25	10	4	47	13	4	57	32	3	405
PBS Asocio	76	20	12	48	0	15	13	12	14	5	40	17	5	20	49	9	112	13	1	481
PBH O. quixos	7	3	17	15	4	3	0	6	14	1	12	6	1	1	13	18	112	27	7	267
PBH M. balsamum	46	0	13	29	6	4	0	4	7	19	21	11	4	2	58	23	82	46	5	380
PBH Asocio	70	4	19	14	16	46	0	6	4	0	27	29	4	2	42	22	105	31	9	450
<b>TOTAL</b>	<b>689</b>	<b>276</b>	<b>343</b>	<b>365</b>	<b>81</b>	<b>268</b>	<b>37</b>	<b>81</b>	<b>80</b>	<b>93</b>	<b>269</b>	<b>207</b>	<b>49</b>	<b>166</b>	<b>514</b>	<b>183</b>	<b>1066</b>	<b>183</b>	<b>53</b>	<b>5003</b>