

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, LEON.
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA TROPICAL**



Evaluación de la macrofauna como indicador biológico del suelo en tres sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café *Coffea arabica* en la comunidad de Yasica Sur, municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa, en las dos épocas del año verano e invierno, período 2015.

Autor:

Br. Conrado Ronaldo Quiroz Medina

“ Trabajo presentado como requisito previo para optar el título de Ingeniero en Agroecología Tropical”

Tutores

Lic. Mirna Del Socorro Ortiz Corrales

M.Sc. Juan Castellón

Asesora

Lic. Noelia Erlinda Cea Navas

León, Nicaragua, 2015

“A la libertad por la universidad”

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar. A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. A mis hermanos por confiar a mí. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora, quien me ha guardado y bendecido en todo momento.

En segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia mi PADRE Agustín Quiroz quien se fue lejos de mí para entregar su vida trabajando para verme victorioso en mis estudios. A mi MADRE María Elena Medina quien siempre estuvo a mi lado apoyándome, dándome aliento de seguir a delante y donde siempre estuvo y está orando por mi vida. A mi hermano Fernando Quiroz Medina por haberme escuchado de lo que aprendía cada día en clase, por apoyarme en poder terminar mi tesis en la recolección de datos y por confiar en mí. A mi hermana Isaura Quiroz Medina por su confianza en mis estudios y por su apoyo.

A mi tía Ana Cecilia Quiroz por su apoyo incondicional.

A Ethel Daniela Romero quien siempre estuvo apoyándome, escuchándome en cada una de mis experiencias en este trayecto investigativo, por su confianza en mí, por su conocimiento que compartió hacia esta investigación y por amarme también.

Mis sinceros agradecimientos están dirigidos a mi tutora la Lic. Mirna Ortiz quien confió en mi capacidad de realizar este trabajo, por haberme mentoriado y apoyado en el área de Entomología, por compartir sus conocimientos, por dedicar su valioso tiempo con esta investigación.

Al M.Sc. Juan Castellón por facilitarme el lugar en donde se llevó a cabo esta investigación, por su confianza en mí a pesar de que no me conocía.

A mi asesora Lic. Noelia Cea quien es una persona muy ocupada y compartió su valioso tiempo hacia esta investigación, por sus conocimientos estadísticos que decidió compartir en mi trabajo investigativo.

A Ing. Rosita Duarte, al Sr. Ernesto Centeno por apoyo incondicional en el trabajo de campo y por su hospitalidad en su finca “La Fuente” en donde se realizó esta investigación.

Al Director del Departamento de Agroecología M.Sc. Wilber Salazar por haberme dado la propuesta en donde realizar esta investigación.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abrió sus puertas a jóvenes, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Al programa Bioersity International por darme la oportunidad de realizar esta investigación en el proyecto de Musáceas en conjunto con la UNAN-León.

INDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE GRAFICOS.	v
INDICE DE TABLA.....	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1 Aspectos Generales del café.....	5
4.2 Distribución y Zonas de producción en Nicaragua	5
4.3 Sistemas Agroforestales	5
4.3.1 Características de especies arbóreas apta para el sombrío.....	6
4.3.2 Aporte de biomasa y nutrientes por los árboles.....	7
4.4 Tipificación de sistemas de producción cafetaleros dado por estructuras arbóreas y tipo de manejo.....	8
4.4.1 Tipificación de plantación de cafetales dado por estructuras arbóreas	8
4.4.2 Tipificación de cafetales por tipo de manejo.....	9
4.5 Calidad de suelos bajo sistemas agroforestales	10
4.6 Factores que influyen en la descomposición de los residuos vegetales	11
4.7 Macrofauna del suelo	11
4.8 Grupo funcionales de la macrofauna.....	12
4.8.1 Herbívoros	13
4.8.2 Detritívoros	13
4.8.3 Depredadores	15
4.9 Relaciones macrofauna hábitat	15
4.9.1 Clima.....	15
4.9.2 Suelo	16

4.9.3	Prácticas de manejo.....	16
4.10	Indicadores de la fauna del suelo	17
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
5.1	Ubicación de estudio y condiciones edafoclimáticas	18
5.2	Tipo de investigación.....	18
5.3	Selección y descripción de los sitios de estudios.....	18
5.4	Descripción del método de muestreo de la macrofauna	19
5.4.1	Época de muestreo.....	19
5.4.2	Fase de campo.....	19
5.4.3	Fase de laboratorio	20
5.5	Variables a medir	20
5.6	Análisis de los datos.....	21
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
VII.	CONCLUSIONES.....	35
VIII.	RECOMENDACIONES.....	36
IX.	BIBLIOGRAFIA.....	37
X.	ANEXOS	44

INDICE DE GRAFICOS.

- Gráfico 1. Comportamiento de la humedad del suelo registrada durante Abril a Agosto en los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café , en la comunidad Yasica Sur, San Ramón, Matagalpa en el período 2015. 22**
- Gráfico 2. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y la abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en Café, Musáceas, Inga y Erythrina en las dos época del año verano(A) e invierno (B). ... 25**
- Gráfico 3. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en Café, Inga e Erythrina en las dos época del año verano (A) e invierno (B). 27**
- Gráfico 4. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en el testigo en las dos época del año verano (A) e invierno (B). 30**
- Gráfico 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener según la riqueza específica y la abundancia relativa de la macrofauna del suelo encontrada en los tres tratamientos en la época de verano e invierno. 32**
- Gráfico 6. Abundancia relativa de los grupos funcionales de la macrofauna en los tres sistemas de manejo y asocio en verano (A) e invierno (B). 33**

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Arboles utilizados como sombrío permanentes en cafetales.....	7
Tabla 2. Grupos que componen la macrofauna del suelo y las diferentes funciones que realizan.	11
Tabla 3. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna del suelo encontrado en los tres sistemas de asocio y manejo en el cultivo de café Coffea arabica en la época de verano e invierno.....	23
Tabla 4. Producción de café en cada uno de los sistemas de asocio y manejo.	34

RESUMEN

Los procesos que ocurren en el suelo son mediados por los organismos que lo habitan. Entre ellos se destacan la macrofauna, que directamente o indirectamente afecta a la estructura y fertilidad del suelo. Este trabajo tiene como objetivo evaluar la macrofauna como indicador biológico del suelo en diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café. Se evaluaron tres sistemas de asocio: Café (*Coffea arabica*) más Musáceas, *Inga* y *Erithryna*, Café más *Inga* y *Erithryna* de manera intensiva y por último el testigo que solo era café. Cada parcela tiene 900m², presentan aproximadamente 6 especies arbóreas en cada una. En cada sistema se tomaron 12 monolitos, con el método recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (Anderson y Ingram, 1993). En la extracción del monolito se utilizó marcos de madera para señalar los puntos muestreados. Cada monolito se dividió en cuatro estratos (hojarasca, 0 a 10cm, 10 a 20cm y 20 a 30cm). La macrofauna se conservó en alcohol al 70%, exceptuando las lombrices que fueron preservadas con formalina al 4% y se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Departamento de Agroecología de la UNAN-León para su respectiva edificación. Los valores mayores de la abundancia se presentaron en la época invierno con 6,244 i.p.m² y en menos valores en la época seca con 5,184 i.p.m². El tratamiento Café, Musáceas, *Inga* e *Erithryna* fue el que obtuvo mayor abundancia en ambas épocas con 2,608 i.p.m² en invierno y 2,064 i.p.m² en verano. En cambio la riqueza es mayor en el testigo con 2.73 en la época de verano y 2.62 en el tratamiento Café, Musáceas, *Ingas* y *Erithryna* en la época de invierno según lo que se expresa con el índice de Diversidad de Shannon. Las especies que más predominaron fueron las Oligochaeta y la *Philoscia*. El grupo funcional que predominó fueron los detritívoros en los tres tratamientos, presentándose con mayor abundancia en el tratamiento uno 1,552 i.p.m² en la época de verano y 1,872 i.p.m² en la época de invierno. Se recomienda realizar estudios físicos-químicos para poder estudiar la calidad de suelo y reconocer las propiedades del mismo en cada asocio, para evaluar la sostenibilidad y así proponer el asocio indicado.

I. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción agrícolas se han visto afectados por el manejo que el ser humano ha introducido ya sea por razones económicas o sociales, ambientales, causando un efecto directo sobre la sustentabilidad del mismo (Bertsch, 1995; Martínez, 2004). Tal es el caso de los sistemas convencionales donde se cultiva café sin sombra, como con altas densidades de cultivares de porte bajo, con poca protección del suelo, baja restitución de materia orgánica, baja diversidad de las macrofaunas del suelo y por ende bajo ciclaje de nutrientes lo cual conlleva a depender de insumos externos (Vaast y Snoeck, 1999).

Muschler, (2000) Manifiesta que los sistemas agroforestales juegan un papel ecológico importante en la sostenibilidad del sistema. Al disminuir ciertos insumos (Fertilizantes, herbicidas). Hernández e Ibarra, (1997) sugieren que el cultivo del café se establezca bajo sombra para garantizar la sostenibilidad de la caficultura a largo plazo debido a que los árboles asociados con café pueden ayudar a mantener tanto la productividad y la calidad de producción. A la vez que permite una captura más eficiente de la energía solar, favoreciendo la absorción y presencia de microorganismos (Gliessman, 2002).

Los factores que regulan la descomposición y liberación de nutrientes de los residuos orgánicos y materia orgánica del suelo incluye al clima (Temperatura y Humedad), textura del suelo, la cantidad y composición química de material, la relación C:N y contenido de polifenoles y lignina (Szot y Kass, 1994) y la actividad biológica del suelo especialmente los macroinvertebrados, bacterias, hongos, y actinos; juegan un papel importante en la velocidad de descomposición de los residuos (Vaast y Snoeck, 1999; Fassbender, 1993 citado por Montenegro, 2005).

La macrofauna del suelo poco es considerada al momento de establecer las diferentes prácticas agrícolas; no obstante puede ser afectada por el impacto que ocasiona la labranza, manejo en los cultivos y el uso de insumos químicos, condición que se refleja en la reducción o eliminación de especies y la disminución de la biomasa de estas poblaciones; dada la susceptibilidad a ser afectada por dichas prácticas, la macrofauna se ha establecido como indicador de la calidad de los suelos (Feijoo et. al., 1998 citado por Rendón et. al., 2011).

Los invertebrados pueden ser considerados como indicadores de calidad del suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al cambio ambiental en las condiciones de suelo asociada a la labranza, la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades realizadas en los sistemas de cultivo (Blair et al., 1996).

Los cafetales son modelos que sirven para demostrar los efectos de la intensificación sobre la biodiversidad. Se han realizado estudios en agroecosistemas cafetaleros al libre exposición y bajo sombra sobre temas de descomposición, abundancia de grupos funcionales de macrofauna. Estos cambios podrían influir la disponibilidad de nutrientes y la funcionalidad del suelo, afectando drásticamente el hábitat de las comunidades de los macroinvertebrados del suelo (CENICAFE, 2005 citado por Delgado et al., 2011).

En las últimas cinco décadas la intensificación agrícola tiene por consecuencia una pérdida de la biodiversidad y las funciones naturales de la fauna del suelo que se constituyen por los tratamientos químicos, físico (labranza y uso de fuego), el mal manejo y arreglo entre los sistemas, producen problemas en la biodiversidad edáfica (Guiller et al., Barrios citado por Rousseau, 2011). Estudios realizados por Delgado, et al., 2011, demuestran que los sistemas perturbados presentan una menor diversidad de macrofauna en la eliminación de árboles de sombra para elevar las áreas de producción en el cultivo de café.

Ante todo esta problemática el presente estudio tiene como finalidad demostrar que la macrofauna contribuye a la estructura física del suelo y un eficiente reciclaje de nutrientes para las plantas aumentando los procesos naturales de la descomposición que influyen en la sostenibilidad de los agroecosistemas.

II. OBJETIVOS

General

Evaluar la macrofauna como indicador biológico del suelo en diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café *Coffea arabica*, en la comunidad de Yasica Sur, Municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa en dos época verano e invierno, período 2015.

Específicos

- Identificar las poblaciones de macrofauna del suelo presente en los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café *Coffea arabica*.
- Determinar la abundancia y riqueza de la macrofauna en los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café *Coffea arabica*.
- Clasificar la abundancia relativa de los grupos funcionales en los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café *Coffea arabica*.
- Comparar los rendimiento productivo de los diferentes sistemas de manejo y asocio del cultivo de café *Coffea arabica*.

III. HIPÓTESIS

Hipótesis de Investigación

Hi: Los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café tienen efectos en la abundancia y riqueza de la macrofauna del suelo.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1 Aspectos Generales del café.

El café es una de los cultivos ideales para la producción agroforestal, siendo una planta agrícola de los ecosistemas agroforestales. Para un buen crecimiento, floración y fructificación se requiere de un microclima fresco con semisombra y suficiente humedad propiciada por especies forestales (Fichersworrying y Robkamp, 2001).

Estudios han demostrado que el café se desarrolla en diferentes ambiente con altitudes que van desde los 400 a 2,000msnm. Sin embargo para obtener la mejor calidad este requiere de altitudes entre 1,200 a 2,000msnm (Fichersworrying y Robkamp, 2001). Las condiciones climáticas ideales de temperatura anual deben estar entre los 17 y 23°C, la precipitación entre 1,600 y 2,800mm año, con una distribución anual mínima entre 145 y 245 días (ICAFE, 1998).

Debe tener un buen drenaje, preferibles suelos con profundidad no menor de un metro, de color oscuro, rico en nutrientes especialmente potasio y materia orgánica con textura franca (Fichersworrying y Robkamp, 2001).

4.2 Distribución y Zonas de producción en Nicaragua

El café Nicaragüense es producido por 27,700 productores que cultivan un área mayor de una manzana de los cuales el 89.53% son pequeños, medianos el 5.11% y los grandes productores el 5.54%; sin embargo el 60% del área es cultivada por los medianos y grandes productores (MAGFOR, 2004).

Geográficamente, Nicaragua concentra las mayores áreas de cultivo en tres regiones o zonas: Región Norte, Central y Pacífico. La región Norte y Central del país (Las Segovia, Jinotega, Matagalpa) poseen las condiciones agroecológicas más favorables para el cultivo de café. Las mayores zonas de producción, son los departamentos de Matagalpa y Jinotega con un 57% del área y 78% de la producción nacional (Lara, 2005).

4.3 Sistemas Agroforestales

Los sistemas agroforestales (SAF), son la interacción bioeconómica en una misma área de un componente leñoso y perenne con cultivo y/o animal asociados en forma simultánea

a secuencial que incorporan cuatro características importantes: estructura, sostenibilidad, productividad y adaptabilidad cultural y socioeconómica (Somarriba, 1998). En esta dirección, uno de los factores importantes atribuido a los arboles de sombra es mejorar la calidad del café (Salazar et al., 2000), mejorar la viabilidad económica, la sostenibilidad y la biodiversidad en la producción cafetalera y el mejoramiento de los sistemas (Fichersworing y Robkamp, 2001), esto aumenta la vida útil de los cafetales y fomenta el desarrollo de formas primarias y secundarias del café.

Imbach et al., (1989); Haggard y Staver ,(2001), menciona que sobre el suelo el árbol altera el ambiente de luz mediante la sombra, y con niveles de 40 a 60% se reducen o suprimen los problemas fitosanitarios utilizando de 2 a 4 especies a mas, esto ocurre en zonas bajas y secas; mientras que en un 20 y 40% de sombra en zonas bajas y húmedas lo cual afecta la humedad y evotranspiración debido al manejo y características de las capas. Por otra parte Altieri, (1999) y Gliessman, (2002) menciona que las hojas caídas juegan un papel importante al proveer cobertura al suelo modificando el ambiente edáfico favoreciendo el hábitat de los organismos del suelo, conforme se descompone, esta hojarasca se convierte en fuente importante de materia orgánica y activando el ciclo biogeoquímico.

4.3.1 Características de especies arbóreas apta para el sombrío.

Para la selección y priorización de atributos arbóreos con café, se identifican aquellas especies maderables, frutales y de servicio que mejor se adapten a los objetivos del productor, los requerimientos del cultivo y a las condiciones ambientales existentes en una región (Linkimer et al. y Yopez et al., citado por Montenegro, 2005).

Tabla 1. Árboles utilizados como sombrío permanentes en cafetales.

Leguminosas	Maderables
<i>Inga densiflora</i>	<i>Vides cymosa</i>
<i>Inga spectabilis</i>	<i>Tetrorchidium boyacanum</i>
<i>Inga edulis</i>	<i>Marcia popayanenses</i>
<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>
<i>Erythrina fusca</i>	<i>Cedrela odorata</i>
<i>Erythrina edulis</i>	<i>Cedrela montana</i>
<i>Pseudocacia spectabilis</i>	<i>Jacaranda caucana</i>
<i>Ibizzia carbonaria</i>	<i>Tabebuia chrysantha</i>
<i>Pithecellobium saman</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
<i>Enterobium cyclocarpum</i>	<i>Cordia alliodora</i>
<i>Leucaena leucocephala</i>	
<i>Gliricidia sepium</i>	

Fuente: Fischersworing y Robkamp: Guía para la caficultura ecológica 2001.

4.3.2 Aporte de biomasa y nutrientes por los árboles.

La biomasa vegetal representa la principal reserva de nutrientes del ecosistema por ello para comprender el proceso de ciclaje de nutrientes es necesario conocer la biomasa del ecosistema por unidad de área (Montagnini y Jordán, 2002).

Estudios realizados por Sánchez et al., (1993) consideran que al someter la *E. poeppigiana* en un sistema agroforestal con café encontraron un aporte de biomasa seca de 12,587 kg ha año y que entre ramas y hojas recircularon 286 kg/ha de N, 183.87 kg/ha de K, 122.03 kg/ha de Ca, 42.80 kg/ha de Mg y 24.35 Kg/ha de P.

Montagnini, (2000), estudiaron la relación del contenido de elemento en la biomasa entre especies nativas, encontraron que el Nitrógeno, Magnesio y Potasio se encuentran en mayor concentración en las hojas, sugiriendo un buen potencial para la circulación de estos nutrientes, sin embargo, las concentraciones de Calcio y Fósforo resultaron similar en hojas, ramas y raíces lo cual implica un potencial similar tanto para la relación como para la circulación de estos nutrientes. Por otro lado al comparar especies nativas en rodales puros y mixtos, los mixtos obtuvieron los mayores contenidos de nutrientes para todos los elementos considerados, lo cual demuestra la necesidad de trabajar en sistemas agroforestales con dos o más especies.

4.4 Tipificación de sistemas de producción cafetaleros dado por estructuras arbóreas y tipo de manejo

4.4.1 Tipificación de plantación de cafetales dado por estructuras arbóreas

Los sistemas de producción de café en Latinoamérica tienen diversas composiciones estructurales, diferentes niveles y tipos de manejo, para el caso de Colombia las estructuras que se manejan son: sombrío tradicional, donde los árboles para sombras son especies de árboles frutales, árboles para leña, árboles leguminosos, y la densidad de siembra del café es menor; el sombrío diverso donde se encuentra de dos a cuatro especies arbóreas sembradas con el café a distancias determinadas y estructuras simples o sombras plantadas, donde se emplea una sola especie arbórea (CENICAFE, 1998 citado por Porras, 2006).

En el caso de México, Fuentes y Flores; Nalasco citado por Moguel y Toledo, (1999) consideran cinco estructuras arbóreas en los cafetales:

- ✓ Tradicional o rustico: el café está sembrado bajo el dosel del bosque con poca intervención.
- ✓ Policultivo tradicional: está bajo sombrío de especies de uso medicinal, materiales de construcción y especies alimenticias (conocido como jardín de café).
- ✓ Policultivo comercial: la sombra es dada por árboles no nativos, las especies más usadas son leguminosas y árboles para maderas en el estrato superior y banano, cítricos y otros cultivos en el estrato intermedio.
- ✓ Monocultivo con sombra: la sombra es suministrada por una sola especie arbórea, en este caso en especial por leguminosas como por ejemplo *Inga*.
- ✓ Monocultivo pleno sol. No existe cobertura arbórea.

En Costa Rica se han encontrado cafetales asociados a árboles frutales (*Moringa indica*, *Persea americana* y *Citrus sp*), leguminosas (*Piphusa robinoides* e *Inga sp*) y la especie maderable (*Cedrela odorata*), en general las especies más usadas para las sombra son las *Inga* o guabas (*Inga sp*) y el poro (*Erythrina poeppigiana*) (ICAFE, 1998 citado por Porras, 2006).

El IICA, 2003 consultado por Lara, (2005), menciona que ha identificado tres niveles tecnológicos básicos en la caficultura nicaragüense. En primer lugar, se encuentra la Tecnología Tradicional (Baja o T1), Tecnología Intermedia (T2) y Tecnología Alta (T3):

- ✓ Los sistemas de producción de café T1 se caracterizan por presentar bajas densidades de siembra (< 4700 cafetos ha), limitado uso de insumos (fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, etc.), poca inversión de mano de obra en las labores de manejo y bajos rendimientos (254 kg/ha). Se considera que alrededor del 56 % del área total de café se produce bajo T1 por pequeños productores (0 – 13 ha).
- ✓ Los sistemas de producción T2 presentan un sistema un poco más intensivo; donde las densidades de siembra oscilan en 5700 cafetos ha, el uso es más frecuente, hay una mayor inversión de mano de obra en las labores de manejo y los rendimientos oscilan en los 762 kg/ha.
- ✓ El nivel T2 ocupa un 24 % del área y es producido por pequeños y medianos productores (14 – 35 ha)

4.4.2 Tipificación de cafetales por tipo de manejo

Según Galloway y Beer, (1997) en Centro América se tienen tres sistemas de manejos:

- ✓ El tradicional que corresponde al 10% de los cafetales del país con densidades bajas (1,400 a 1,580 plantas por hectáreas), trazo irregular variedades de porte alto Bourbon, híbridos, Mundo novo o Típica. El manejo poco intensivo (escaso manejo técnico, exceso de sombra), niveles bajos de fertilización, poco uso de productos orgánicos.
- ✓ El 50% de los cafetales tienen manejo semitecnificado con variedades de porte bajo como Catuai y Caturra, siembra de más 4,260 plantas por hectáreas, sombra regulada o plena exposición, trazo uniforme, mayor grado de control sanitario y uso de fertilizantes pero menos intensivos que en el caso de las fincas tecnificadas.
- ✓ Manejo tecnificados corresponde al 40% de las producciones donde se usa variedades de por bajo como Catuai y Caturra, generalmente a plena exposición densidades de siembra de 5,700 plantas por hectáreas, trazo en curvas de nivel cuando es necesarios, eficiente control sanitarios, uso intensivos de fertilizantes (500 a 1,000 kg/ha por año) y control químico de malezas.

El CATIE, con la colaboración de otras instituciones han conducidos ensayos de sistemas agroforestales con café (estudios de largo plazo de relaciones agroecológicas en Turrialba Costa Rica y en Masatepe, Nicaragua, en dicho experimento se ha comprobado diferentes tipos y niveles de manejos (convencional y orgánicos) y se han venido trabajando dos niveles de manejo orgánicos (intensivos y bajos) (De Melo et al., 2004).

Orgánico intensivo: 2 abonadas con gallinaza (10 ton/ha), 1 abonada con M-KAG (fertilizante edáfico de K, Mg y Z), (100kg/ha), 3 aplicaciones foliares de biofermento con minerales, 4 chapias (selectiva en calle y baja en carril), 2 arrancadas de zacates, el control de enfermedades se realiza según la incidencia, 2 regulaciones fuertes de sombra y 2 leves en el año.

- ✓ Orgánico bajo: una abonada de gallinaza (7 ton/ha), no se hacen prácticas para manejos de enfermedades, se realizan 2 regulaciones de sombras fuertes y 2 regulaciones leves.

4.5 Calidad de suelos bajo sistemas agroforestales

Dentro de los sistemas agroforestales el componente arbóreo influye en variables físicas, biológicas, ambientales, las del sistema y químicas, entre las variables físicas están; densidad, porosidad, humedad y compactación, entre variables biológicas las lombrices e invertebrados (Macrofauna); entre las variables ambientales están la regulación del microclima del cultivo que evita el desecamiento y sobrecalentamiento del suelo; entre las variables del sistema están la producción, la calidad y cantidad de hojarasca (Schroth et al.; Lavelle et al., citado por Porras, 2006), entre las variables química está el incremento de la materia orgánica, la capacidad del intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K por la adición de hojarasca, raíces y tallos (Sadeghian et al., 1997) que a la vez afecta las variables microbianas incrementando la población de hongos que son los encargados de descomponer estos residuos (Julca, 2002).

La cobertura arbórea puede proveer al sistema agroforestal de 5 a 20 toneladas de hojarasca y ramas dependiendo de las especies usadas. Según Guharay et al., (2001), la hojarasca es la base de nutrientes y energía de los organismo del suelo, afirma que la sombra protege a los microorganismo de altas temperaturas y cambios bruscos de humedad (Cardoso et al., 2003).

4.6 Factores que influyen en la descomposición de los residuos vegetales

La descomposición de los residuos orgánicos (hojarasca, ramas, troncos, raíces y otros restos vegetales y animales) es el principal proceso de reciclaje de nutrientes en un ecosistema. Por tal motivo la cantidad de nutrientes liberados al suelo por la descomposición es un factor importante para la sostenibilidad del sistema (Montanini y Jordan, 2002).

Los factores comúnmente involucrados en el proceso de descomposición del material vegetal y liberación de nutrientes están relacionados con factores internos y externos entre los cuales se pueden mencionar: relación C:N, contenido de polifenoles, pH, calidad, microorganismo, macrofauna del suelo, constitución genética del germoplasma, contenido nutricionales, aireación, acidez del suelo (Montanini y Jordan, 2002; Mafomgoya et al.; Cody et al.; Hartemink y O' Sullivan, citado por Montenegro, 2005). Todos estos factores son de gran importancia en el proceso de descomposición del material vegetal, la macrofauna participa en muchos procesos para facilitar el ciclo de los nutrientes.

4.7 Macrofauna del suelo

Este grupo está integrado por los animales que tienen un ancho de cuerpo mayor de 2mm y que pertenecen a distintos Filos, Clases, Orden y Familia y por lo tanto diferentes funciones (Tabla 2).

Tabla 2. Grupos que componen la macrofauna del suelo y las diferentes funciones que realizan.

Nombre común	Grupo taxonómico reconocido	Grupo funcional
Lombrices de tierra	Haplotaxida	Detritívoros
Babosas y caracoles	Gastropoda	Detritívoros Depredadores
Cochinillas	Isópoda	Detritívoros
Milpiés	Diplópoda	Detritívoros
Ciempíes	Chilópoda	Depredadores
Arañas	Araneae	Depredadores
Arañas patonas	Opiliones	Depredadores
Falsos escorpiones	Pseudoscorpionida	Depredadores
Cucarachas	Insecta - Dictióptera	Detritívoros Herbívoros

		Omnívoros
Escarabajos	Insecta - Coleóptera	Detritívoros Herbívoros Depredadores
Tijeretas	Insecta - Dermáptera*	Detritívoros Depredadores
Moscas y mosquitos	Insecta - Díptera	Detritívoros Depredadores
Chinches y salta hojas	Insecta - Hemíptera	Herbívoros
Hormigas	Insecta – Hymenóptera - Formicidae	Omnívoros, Depredadores e Ingenieros del suelo
Termitas o comejenes	Insecta - Isóptera	Detritívoros e Ingenieros del suelo
Mariposas y orugas	Insecta - Lepidóptera	Herbívoros
Grillos y saltamontes	Insecta - Ortóptera	Herbívoros

Cabrera, 20014.

Estos organismos operan en escala de tiempo y espacio más amplios que los individuos más pequeños. La mayoría se caracteriza por tener el ciclo biológico largo (un año o más), baja tasa reproductiva, movimientos lentos y poca cantidad de dispersión (Gassen y Gassen, 1996). Desde el punto de vista de alimentación incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores.

A través de sus actividades físicas (mezcla del matillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo) y metabólica (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualista y antagonistas) participan en muchos procesos. Al fragmentar las partículas, producir pelotas fecales y estimular la actividad microbiana intervienen en el ciclo de materia orgánica y nutriente. Con la distribución de la materia orgánica y de los microorganismos, la mezcla del suelo con partículas orgánicas y la producción de pelotas fecales causan mejoras en la agregación (Curry, 1987; Curry y Good, 1992; Linden et al., 1994).

4.8 Grupo funcionales de la macrofauna

Para reducir la innata complejidad de la trama trófica del suelo han sido propuestas distintas clasificaciones de grupos funcionales. Una de ellas quizás la más útil, es la que divide la macrofauna del suelo de acuerdo al comportamiento alimenticio los herbívoros se alimentan de partes vivas de las plantas, los depredadores de animales vivos y los detritívoros de la materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los organismo

asociados, de heces de vertebrados e invertebrados así como también de compuesto producto del metabolismo de otros organismo (FAO, 2002 citado por Zerbino, 2005).

4.8.1 Herbívoros

Entre el 40 y 90% de la producción primaria neta corresponde a las partes subterráneas de las plantas y una alta proporción de las mismas es consumida por los invertebrados herbívoros que habitan en el suelo, los cuales en su mayoría son insectos. Los órdenes más importantes son: Coleópteros, Hymenópteros, Orthópteros (Masters, 2004).

Las especies fitófagos del orden coleópteros pertenecen a la familia Elateridae, Melonhidae, Cucurlionidae y Chrysomelidae. Adultos y larvas son consistentes componentes de las comunidades. Una cantidad de individuos viven en la superficie y con vegetación baja, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida (Curry, 1987a).

El orden Hymenóptera tiene una amplia distribución latitudinal y ocurre en los ecosistemas más extremos. Los integrantes de la familia Formicidae son insectos sociales, los cuales tienen a ser abundantes en bosques abiertos y secos y en pasturas no cultivadas (Curry, 1987a).

La familia Oryllidae del orden Orthoptera se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora. Son eficientes cavadores, las ninfas y los adultos abren galerías en el suelo, formando montículos de tierra en la superficie. En la galería almacenan material verde y se esconden durante el día, a la noche salen a la superficie a cortar hojas (Aragón, 2003; Gassen y Gassen, 1996; Borror y White, 1970 citado por Zerbino, 2005).

Los moluscos se encuentran en altas poblaciones en suelos húmedos. Las especies herbívoras pertenecen a los géneros *Milax*, *Limax*, *Deroceras* y *Arion*, pueden afectar seriamente el establecimiento de las leguminosas (Curry, 1987a).

4.8.2 Detritívoros

A este grupo pertenecen un amplio rango de grupos taxonómicos; los más importantes son: Oligochaeta, Diplópoda, Isópoda e insectos pertenecientes a los órdenes Coleópteros, Dictyoptera, Díptera e Isóptera. Los individuos que ingieren detritus probablemente sean omnívoros no selectivos (Wardle, 1995 citado por Zerbino, 2005).

La familia de Tenebrionidae y Dermestidae del orden Coleóptero se alimentan de carroña en descomposición, mientras que la de las sub-familias Scarabaeinae y Aphodiinae de la familia Scarabaeidae de excremento de vertebrados (Curry, 1987a). Los individuos del orden Dictyoptera si bien ocurren en un amplio rango de hábitad que abarca desde desierto a bosques, seleccionan los microambientes y en base a preferencias ambientales muy particulares. Son pocos abundantes, sedentarios y de movimiento lentos (Bromham et al., 1999; Borror y White, 1970 citado por Zerbino, 2005).

La mayoría de las larvas de Dípteras que habitan en el suelo son saprófagas y están asociadas con acumulaciones de materia orgánica y de excremento (Curry, 1987a). Son escasas en suelos con bajo contenido orgánico.

Los individuos que pertenecen al orden Isóptera son insectos sociales, que predominan en las zonas tropicales y subtropicales y son escasos o están ausentes en altas latitudes (Curry, 1987a). Los nidos son construidos con suelo, material vegetal, excreciones y salivas; pueden ser enteramente subterráneos o construir montículos. Requieren un alimento rico en polímeros como la lignina, celulosa, hemicelulosa y transportan grandes cantidades de material orgánicos desde su superficie a sus cámaras (Lavelle y Spain, 2001).

Los Crustáceos pertenecen al orden Isópodos son integrantes consistentes en ambiente donde hay residuos en la superficie. Pueden vivir varios años. La diversidad de este grupo es limitada y no se encuentra más de 4 o 5 especies. Las densidades son particularmente bajas en suelos ácidos o en sitios donde ocurren heladas y sequías (Curry, 1987b). Se alimentan de material vegetal muerto y en algunas situaciones pueden ingerir excremento, restos de animales y material vegetal vivo (Curry, 1987b). Los individuos pertenecen a la clase Miriápodo sub-clase Diplópoda son saprófago que tienen una función importante en la fragmentación y descomposición de los residuos.

Los integrantes del orden Oligochaeta transforman el material orgánico en humus y consumen por día una cantidad de alimento equivalente al peso de su cuerpo. En base a su tamaño, tipo de alimentación y habilidad de cavado se clasifica en tres grupos: Epigeas, anécicas y endógeas (Curry, 1987a).

Los Enchytraidae son lombrices que tienen una posición muy importante en la formación de suelos, en la agregación y en la descomposición de residuos (Gassen y Gasse, 1996).

4.8.3 Depredadores

Este grupo funcional está integrado por individuos pertenecientes a las clases Arachnida, Chilópoda y nemátodos Mermithidae e insectos de los órdenes Coleópteros, Hemíptero e Himenópteros.

Los integrantes del orden Araneae pueden representar la mitad de los depredadores de una agroecosistema, son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las poblaciones de organismos considerados plagas (Rypstra et al., 1999 citado por Zerbino, 2005). Las principales presas son fundamentalmente insectos y otros artrópodos pequeños. Dentro del orden Coleópteros los depredadores son integrantes de las familias Carabidae y Staphylinidae. Los primeros se alimentan de Collembola, Díptera, Coleóptera, Homóptera, Oligochaeta y otras presas (Curry, 1987a) y los segundos de insectos, ácaros y algunos se pueden alimentar de hongos o de materia orgánica en descomposición e incluso de excremento. El orden Hemíptera, la familia Nabidae se alimenta de Homóptera (afidios, chicharritas) y larvas de Lepidópteras. Algunos individuos que pertenecen a la familia Pentatomidae y Reduvidae son depredadores generalista (Bentancourt y Scatoni citado por Zerbino, 2005). De igual manera para el orden Hymenóptera, las familias Formicidae y Vespidae son depredadores generalista.

4.9 Relaciones macrofauna hábitat

Los procesos del suelo están sometidos a una jerarquía de determinantes que operan en escala anidadas de tiempo y espacio. El clima, seguido por las propiedades del suelo opera en grandes escalas, los cuales fuerzan a las comunidades de plantas, que determinan la calidad y cantidad de los ingresos orgánicos del suelo a los macroinvertebrados y a los microorganismos (Lavelle y Spain, 2001).

Por otra parte, a nivel local la composición y distribución de las comunidades son afectados por factores tales como la disponibilidad de recursos, las condiciones microclimáticas, la fertilidad y estructuras del suelo (Correia, 2002).

4.9.1 Clima

El clima ha sido el factor que ha tenido mayor efecto en los procesos de evaluación de largo plazo, determinando la estructura y características de las comunidades y la

distribución y abundancia de los invertebrados (Curry, 1987b) las variaciones microclimáticas asociadas a la estructuras y densidad de la vegetación y a la presencia de residuos, afectan considerablemente la distribución de los invertebrados dentro de la pastura y su persistencia durante adversidades climáticas (Curry, 1987b).

4.9.2 Suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de la materia orgánica, humedad, el ph, la estructura del suelo, la aeración y de forma indirecta a través del efecto que tiene sobre la vegetación (Curry, 1987b).

La estructura del suelo determina la distribución de la fauna. Existe una clara y positiva relación entre el número y tamaño de los poros y el tipo de animales que lo habitan. Los grandes invertebrados ocupan los poros del suelo llenos de aire (Hendrickes, 1985). En general los organismos edáficos prefieren los ambientes húmedos. En condiciones de déficit de agua se trasladan a partes más profundas del perfil y se distribuyen en forma más agregadas.

4.9.3 Prácticas de manejo

Desde el momento que un sistema natural es modificado para desarrollar actividades agrícolas, los mayores cambios ocurren en las propiedades del suelo y en la abundancia, biomasa y diversidad de la biota del suelo. Las comunidades presentes van a estar determinadas por la intensidad de cambio inducido respecto al ecosistema natural y por la habilidad de los organismos para adaptarse a esos cambios (Brown et al., 2001).

La macrofauna responde al manejo (secuencia del cultivo, manera de preparación del suelo, ingreso de materia orgánica, etc.) como resultado de las perturbaciones físicas que se producen, de la manera de distribución de los residuos y de la comunidad de las plantas presentes (Lavelle y Spain, 2001).

El método de preparación del suelo comparado con otras prácticas de manejos (rotación, fertilización, uso de agroquímicos, etc.) es el que tiene los mayores efectos en la distribución y abundancia de artrópodos (Brown et al., 2001).

4.10 Indicadores de la fauna del suelo

Un indicador es un parámetro que se usa para medir. Un indicador de la calidad de suelo es “una característica que permite definir el estado de las propiedades físicas, químicas y biológicas que hacen que un suelo se ha apto o no para determinadas labores” (Trejo et al., 2009).

Actualmente aunque la calidad del suelo se sigue midiendo como indicadores físicos y químicos, se está promoviendo el uso de indicadores biológicos (Bending, 2004 citado por Porras, 2006), esto por la sensibilidad de los organismo vivos proveen información sobre el entorno en que se desarrollan. Así mismo, la presencia, ausencia o cantidad de estos organismos los convierte en un buen indicador de calidad de suelos.

4.11 Índice de diversidad

En ecología, el término diversidad, en general se refiere a la diversidad de especies, expresando el número de poblaciones y sus abundancias relativas. La idea de diversidad de especies está basada en la suposición que las especies influyen unas a las otras y al medio, y esto se puede ver como los números de especies presentes y sus abundancias relativas (Daniel, 1998).

El índice de Shannon es uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. El índice aumenta a medida que aumenta la riqueza (número de especie) y los individuos que se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies (Sobarriba, 1999).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación de estudio y condiciones edafoclimáticas

La zona de estudio donde se llevó a cabo la investigación se ubica en la comunidad de Yasica Sur, Municipio de San Ramón, departamento de Matagalpa a 23km de la cabecera departamental de Matagalpa. Con precipitaciones anuales de 800-1200mm, temperatura media de 24°C y humedad relativa de 87%, altura sobre el nivel del mar entre 750-800msnm y pendiente de 34%, el tipo de suelo es franco arcillo arenoso, la profundidad de suelos es de 45cm, color de suelo negro a gris oscuro y gris amarillento. La zona de vida es un bosque tropical húmedo pre montano (Castellón, citado por Molinares et al., 2013).

5.2 Tipo de investigación

Se llevó a cabo una investigación coasiexperimental el cual se realizó en dos fases: La primera fase consistió en campo en donde se recolectaron las muestras de la macrofauna del suelo en los sistemas de manejo y la descripción de los sistemas. La segunda fase es la de laboratorio que consistió en la identificación (Philo, Clase, Orden, Familia, Género), para determinar la abundancia y riqueza de los organismos encontrados.

En la parte experimental se realizó el método del índice de Shannon para agrupar la diversidad de la macrofauna en los diferentes sistemas de manejo.

5.3 Selección y descripción de los sitios de estudios

La presente investigación se realizó en la finca del Sr. Ernesto Centeno, en un ensayo de parcelas Multi estrato establecido en Octubre del 2014, por el proyecto Musáceas de UNAN-León en conjunto con Bioersity International, con visión de largo plazo (20 años) para evaluar el impacto del cambio climático en la sostenibilidad del cultivo de café en asocio con bananos y árboles. Se evaluaron diferentes tipos de asocio del cultivo de café (variedad Catimor) con Musáceas y árboles leguminosos en tres parcelas:

Tratamiento 1: Se establecieron tres especies diferentes para sombra. Café a una distancia de 2 x 1.5m; Musáceas a una distancia de 5m entre planta y 4m entre surco; *Ingas* 2.5m entre planta y 4m entre surco y *Erythrina* a 5m entre planta y 4m entre surco.

Tratamiento 2: La distancia de siembra del café es igual para las tres parcelas (2m x 1.5m). Se establecieron *Erythrina* y dos especies de *Inga laurina* e *Inga punctata*). La distancia de siembra de la *Erithrina* es de 2.5m entre planta y 4m entre surco. Las ingas están sembradas con la misma distancia de *Erithrina* con la diferencia que van intercaladas una de *Inga laurina* y luego *Inga punctata*. En esta parcela lo que se pretende es tener una población intensiva de árboles de sombrío.

Tratamiento 3: En esta parcela el de cultivo de café está establecido bajo sombra natural con la misma distancia que en las demás parcelas.

En cada una de las parcela están establecido 6 especies árboles diferentes como promedio.

5.4 Descripción del método de muestreo de la macrofauna

5.4.1 Época de muestreo

Para poder analizar y comprender los indicadores biológicos del suelo en especial la macrofauna, este estudio se realizó en dos épocas de muestreo, en la época seca (1-5 de abril) y en la época lluviosa (10-15 de Agosto).

Para la época de invierno se tomó el mes de agosto ya que presentó un buen porcentaje de humedad esto permite el incremento de diversidad de especies pudiendo compararlo en la época de verano.

5.4.2 Fase de campo

El método que se utilizó para el muestreo de la macrofauna es similar al recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) (Anderson y Ingram, 1993). En cada parcela se hicieron cuatros repeticiones para un total de 12 repeticiones en las tres parcelas; en cada repetición se realizaron tres monolitos de forma diagonal para un total de 12 monolitos por parcela y 36 en total.

Cada monolito tenía las siguientes dimensiones: 25 cm x 25 cm x 30 cm. Los monolitos fueron extraídos del suelo marcándolos con un cuadro de madera de 25 cm x 25 cm y

con una pala con mucha precisión para no dañar las muestras; se dividió en cuatro estratos sucesivos (hojarasca; 0-10cm; 10-20cm; 20-30cm de profundidad); los especímenes de la hojarasca fueron extraídos en el sitio del muestreo golpeando y quebrando los trozos de madera y revisando la hojarasca. Seguidamente se extrajo la tierra de las muestras restantes (0-10cm; 10-20cm; 20-30cm), donde se depositó en una bandeja de plástico por estratos diferentes para su respectiva revisión. Los especímenes frágil de cada estrato fueron extraídos con un pincel y el resto con una pinza y se colocaron en un frasco plástico con sus respectivas informaciones (Fecha, tratamiento y tipo de estrato); Para las lombrices fueron conservadas en formalina al 4% para evitar la supuración de la mucosa y el resto de la macrofauna en alcohol al 70%, para su identificación.

5.4.3 Fase de laboratorio

Las muestras recolectadas se trasladaron al Laboratorio de Entomología del Departamento de Agroecología para su respectiva identificación. Se extrajeron los especímenes de los frascos con cuidado y se colocaron en papel toalla para luego colocarlo en un plato petri y se observaron con ayuda de un estereoscopio Marca (Westover scientific), donde se detallaron sus estructuras particulares de cada espécimen desde filo hasta género; para la identificación se utilizaron claves taxonómicas de diferentes literaturas (Andrews y Caballero, 1990; King y Saunders, 1984; Maes, 1998; Coto, 1998; Serna y Vergara, 2001; Mackay y Mackay s.n.p), así como también se realizaron comparaciones de los especímenes con las imágenes publicada en la Página de BUDGUIDE disponible en: <http://bugguide.net/node/view/15740> y se realizó desde filo hasta género.

5.5 Variables a medir

Riqueza (n° de especie): se determinó el número de especie por cada tipo de asocio.

Abundancia relativa (Densidad # de individuo 1 m² por cada especie): se contabilizó el número total de individuos por cada especie presente en cada unidad de muestreo y asocio.

Grupo funcionales. Se contabilizó y se agrupó el número de individuos por su grupo funcional que son: Herbívoro, depredador y detritívoro.

La diversidad y la riqueza de las especies se analizaron por medio del siguiente índice:

Índice de Shannon- Wiener (SW): Se realizó con la fórmula del índice de Shannon que se usa en ecología u otras ciencias para medir la biodiversidad; se expresa como H' . La fórmula del índice se expresa de la siguiente manera:

Donde:

$$H' = -\sum^S p_i \ln(p_i)$$

S: Número de especies (la riqueza de especies)

p_i : proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i/N

n_i : Número de individuo de la especie i

N: Número de todos los individuos de todas las especies.

De esta forma, el índice contempla la cantidad de especies presentes en el área de estudio (riqueza de especie) y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies (abundancia).

El índice de Shannon mide la diversidad natural teniendo en cuenta dos cosas:

- I. El número de especies presentes
- II. Como se reparten las especies

Humedad del suelo: Se determinó el % de la humedad del suelo a los 30cm y 60cm de profundidad en calle y en surco en cada tratamiento. Se utilizó un Registrador de datos automático, DECAGON “EM50 Data Logger”

5.6 Análisis de los datos

Los datos de las variables cuantitativas continuas de abundancia y riqueza de especies fueron procesados en el programa de Microsoft Office Excel 2013. Donde se realizaron gráficos lineales y de barras y la tabla del índice de Shannon. Para la agrupación de los grupos funcionales se utilizó el programa de SPSS versión 21.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el gráfico 1, se muestra el comportamiento de la humedad del suelo desde abril a Agosto, en los tres tratamientos tomada a 30cm y 60cm de profundidad en la calle y en el surco del cultivo de café; se observa que el comportamiento de la humedad es bastante similar en los tres tratamientos, aumentando significativamente en los meses de Julio y Agosto; sin embargo en el tratamiento uno hay un aumento en el sensor dos y cuatro, esto es debido que a mayor profundidad existe mayor humedad, influyendo las especies presentes como sombra.

Datos proporcionados de la Estación Meteorológica ubicada en la Comunidad de Yasica Sur, para el año 2015, se reportó una temperatura promedio de 22.3°C y con una humedad relativa de 81% en dicha comunidad, estas condiciones climáticas son factores que influye en la humedad del suelo.

Ibañez, (2008), menciona que la humedad del suelo, fluctúan con respecto a la temperatura del ambiente, humedad relativa, velocidad del viento y la precipitación. Al mismo tiempo menciona que la cobertura vegetal afecta notablemente la humedad en los primeros centímetros del suelo por cuanto disminuye por la acción directa de los rayos solares.

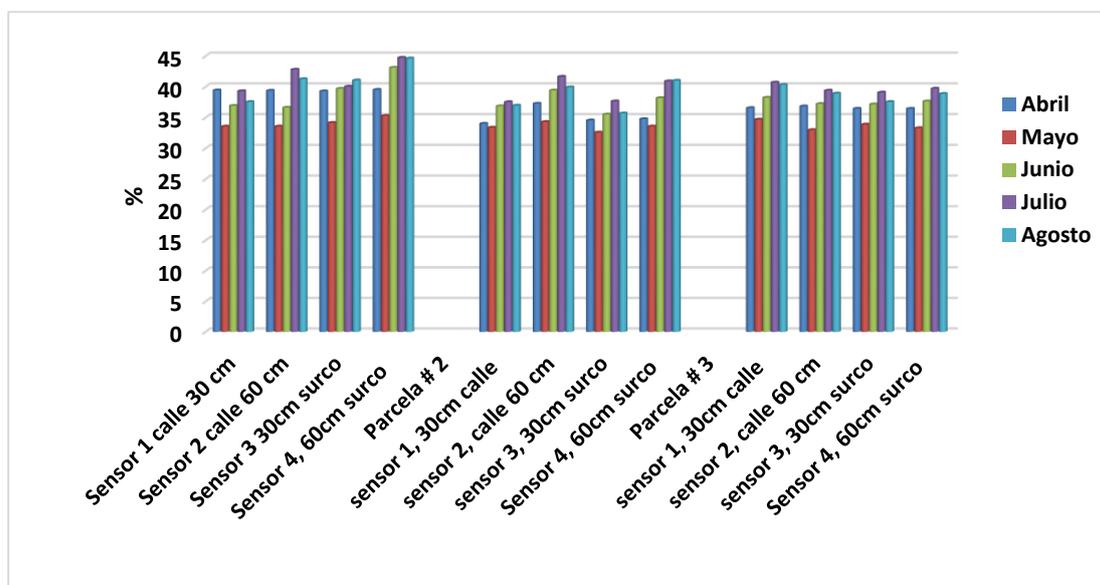


Gráfico 1. Comportamiento de la humedad del suelo registrada durante Abril a Agosto en los diferentes sistemas de manejo y asocio en el cultivo de café, en la comunidad Yasica Sur, San Ramón, Matagalpa en el período 2015.

En la Tabla 3 se presenta la composición taxonómica de la macrofauna del suelo encontrados en los tres sistemas de manejo y asocio en la época de verano e invierno, en donde se encontraron 5 Filos, 12 Clases, 34 Órdenes, 44 Familias y 76 Géneros, dando un total de 10,408 individuos por m².

Es de señalar que el organismo más representado en abundancia fueron las lombrices pertenecientes al orden Haplotaxida y el género *Philoscia* tanto en la época de verano e invierno.

Tabla 3. Composición taxonómica y abundancia de la macrofauna del suelo encontrado en los tres sistemas de asocio y manejo en el cultivo de café *Coffea arabica* en la época de verano e invierno.

Taxonomía	Verano	Invierno	Total
Philo	2	3	5
Clase	6	6	12
Orden	15	19	34
Familia	29	26	55
Género	44	32	76
Individuos por m² (i.p.m²)	5,184	6,224	10,408

En el gráfico 2 (A), se muestra que el tratamiento uno en la época de verano, se encontraron un total de 2,064 individuos por m² (i.p.m²), donde se observa que en el estrato de 0 a 10cm se encontraron mayor número individuos con 912 i.p.m², predominando las Oligochaeta con 688 i.p.m² y el género *Philoscia* con 80 i.p.m²; posteriormente el estrato de 10 a 20cm con 736 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 528 i.p.m², seguido por el género *Leptothorax* con 96 i.p.m²; en el estrato de Hojarasca se encontraron 240 i.p.m², predominando los género *Odontomyia* y *Philoscia* con 48 i.p.m², en cambio en el estrato de 20 a 30cm solo se encontraron 176 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 144 i.p.m².

En cambio en el Gráfico 2 (B), se observa que en la época de invierno se encontraron un total de 2,608 i.p.m², de igual manera que en la época de verano se observa que en el

estrato de 0 a 10cm se encontraron mayor número de individuos con 1,280 i.p.m², predominando las Oligochaeta con 1,056 i.p.m² y el género *Philoscia* con 80 i.p.m²; posteriormente el estrato de hojarasca con 832 i.p.m² predominando el género *Philoscia* con 496 i.p.m², seguido por el género *Leptothorax* con 64 i.p.m²; en el estrato de 20 a 30cm con 272 i.p.m² predominando el género *Pachycondila* con 160 i.p.m², en cambio el estrato de 10 a 20cm se encontraron 224 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 144 i.p.m².

Es evidente observar que en la época de invierno se presentó mayor abundancia de individuos por m² con 2,608 i.p.m² en comparación con la época de verano con 2,064 i.p.m², en ambas épocas se presentaron con mayor abundancia en el estrato de 0 a 10cm. Esta diferencia se debe a que en la época de invierno hay mayor humedad por lo tanto mejora el hábitat de estos organismo (Primavesi, 1984). A como se observa con el género *Philoscia*, se presentó en mayor abundancia en la época de invierno con 592 i.p.m² predominando en el estrato de hojarasca, mientras que en la época de verano solo se encontraron 120 i.p.m² predominando en el estrato de 0 a 10cm.

Estudios realizados por Rendón et al, 2011, sobre los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo, demuestra que el mayor número de macroinvertebrados fue encontrado en el estrato de 0 a 10cm con un 87% del total de individuos recolectado. Esto confirma los resultados de este tratamiento, ya que el estrato de 0 a 10cm presentó mayor abundancia con un 44% del total de los individuos recolectados en la época de verano y un 49% en la época de invierno.

Primavesi, (1984), menciona que a medida que aumenta la profundidad del suelo, disminuye la materia orgánica y el oxígeno, por lo tanto en los primeros cm del suelo de 0 a 20cm, se encuentra la mayor abundancia y diversidad de organismo, esto es debido a que en esos primeros centímetros se encuentra los mejores factores abióticos para la fauna del suelo, principalmente materia orgánica y oxígeno.

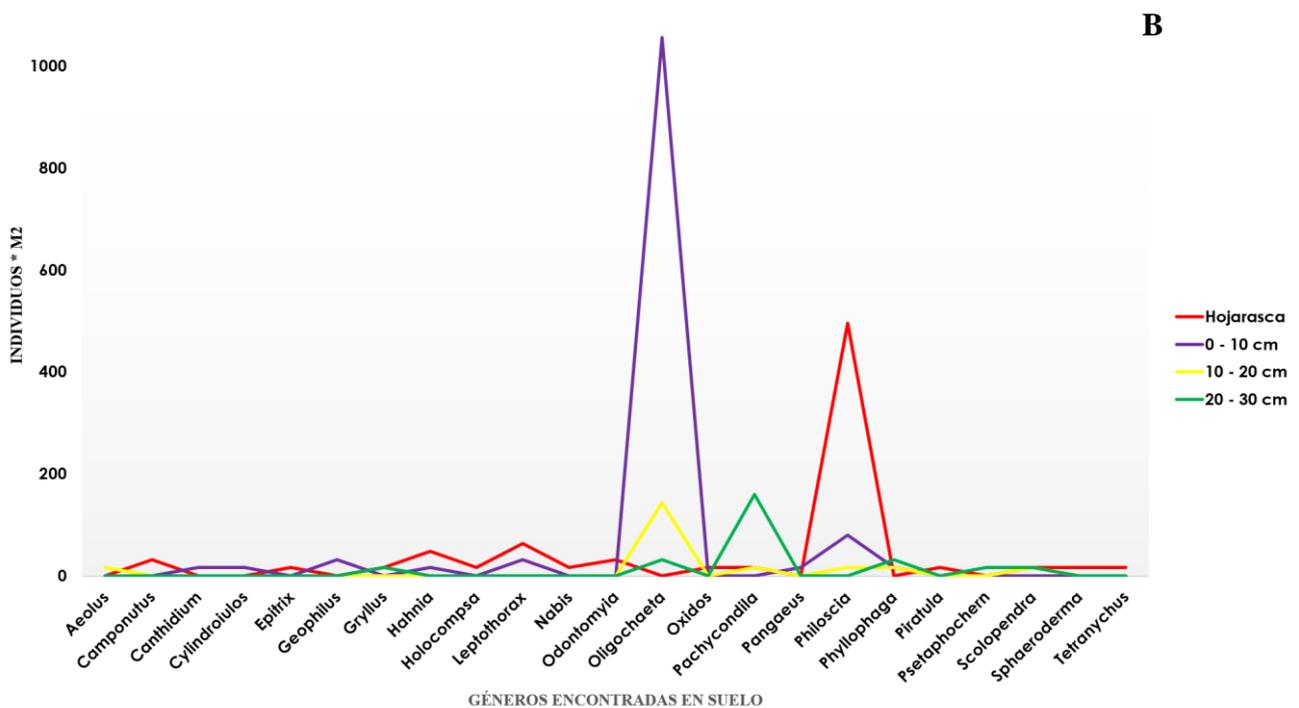
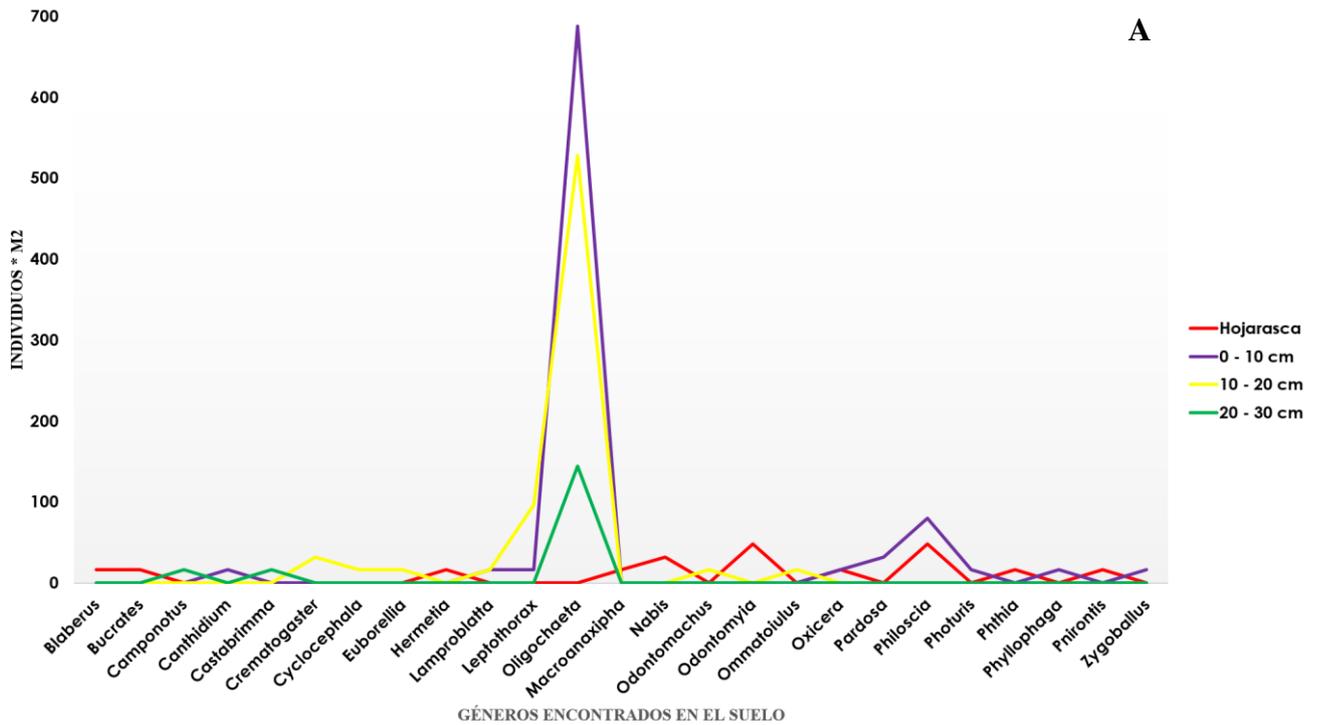


Gráfico 2. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y la abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en Café, Musáceas, *Inga* y *Erythrina* en las dos época del año verano(A) e invierno (B).

En el gráfico 3 (A), se observa que el Tratamiento dos que es café y árboles intensivos en la época de verano, se encontraron 1,664 individuos en total, donde demuestra que en el estrato de 0 a 10cm se encontró el mayor número de individuo con 992 i.p.m²

predominando las Oligochaeta con 784 i.p.m² y el género *Philoscia* con 80 i.p.m²; posteriormente el estrato de 10 a 20cm con 432 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 400 i.p.m²; para el estrato de 20 a 30cm se encontraron 192 i.p.m² de igual forma predominado las Oligochaeta con 144 i.p.m², en cambio en la hojarasca se encontraron un total de 48 i.p.m².

Mientras tanto en el gráfico 3 (B), se muestra que en la época de invierno se encontraron un total de 1,744 i.p.m², predominando el estrato de 0 a 10cm con 1,104 i.p.m² con las Oligochaeta con 1,040, seguido por estrato hojarasca con 480 i.p.m² predominando el género *Philoscia* con 368 i.p.m², posteriormente el estrato de 10 a 20cm con 144 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 96 i.p.m² y el estrato de 20 a 30cm se encontró 16 i.p.m² de Oligochaeta.

En este tratamiento se presentó mayor abundancia en la época de invierno con 1,744 i.p.m² en comparación con la de verano que fue 1,664 i.p.m², en ambas épocas se presentaron con mayor abundancia en el estrato de 0 a 10cm. De igual manera que en el tratamiento uno predominaron las Oligochata y el género *Philoscia*.

Pardo L, at. al., 2006, en su investigación de abundancia y biomasa de macroinvertebrados en tres usos de tierra (pastura, cafetal con sombrío y bosque secundario) menciona, que la mayor cantidad de lombrices recolectada en cafetal con sombrío se encontraron en los estratos de 0 a 10cm. Este resultado es similar a esta investigación, ya que los resultados obtenidos puede ser, que al aumentar las poblaciones de *Inga* y *Erythrina* también aumenta la humedad proporcionando un buen nicho ecológico.

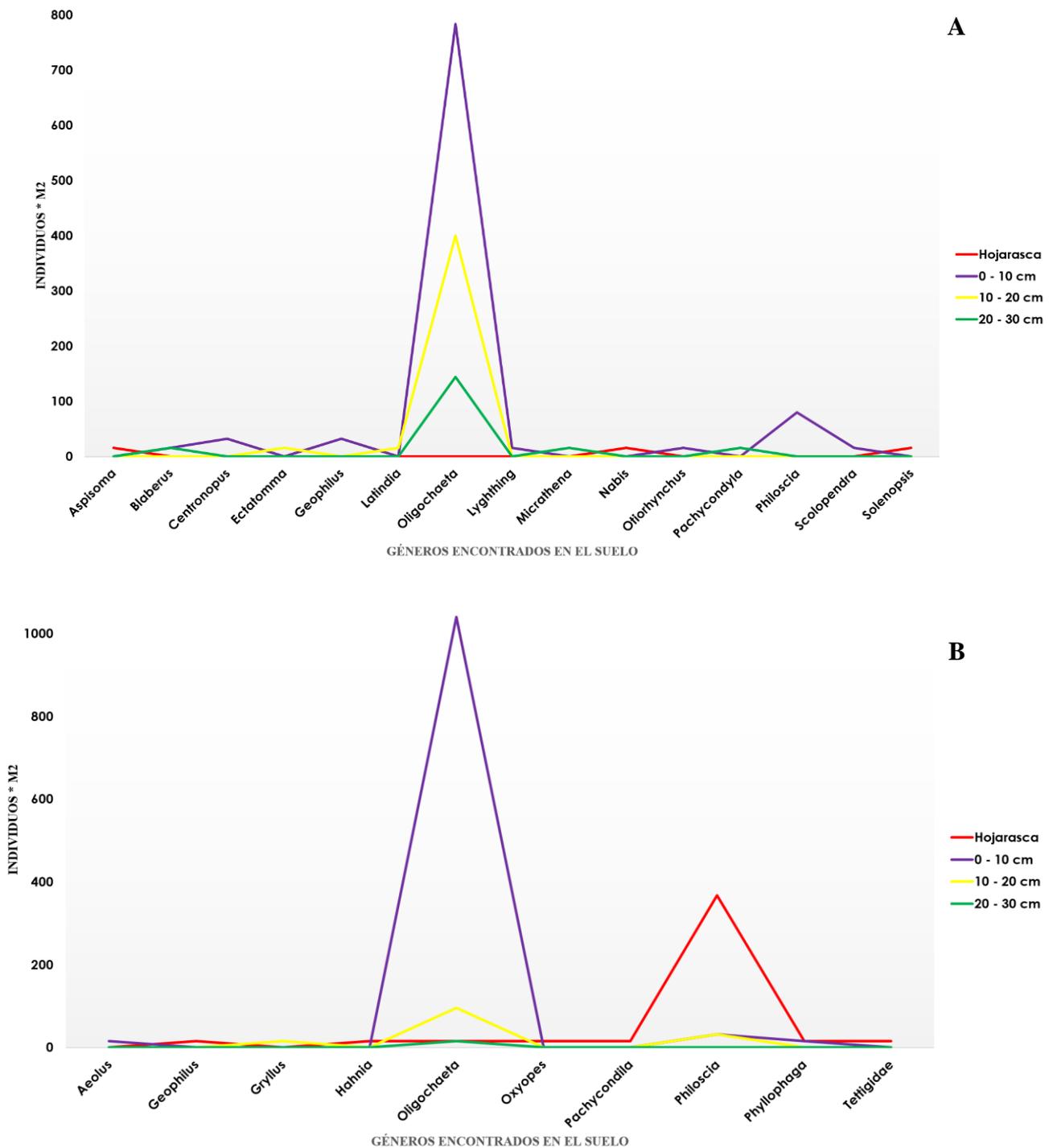


Gráfico 3. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en Café, Inga e Erythrina en las dos época del año verano (A) e invierno (B).

En el gráfico 4 (A), se observa que el tratamiento testigo que es Café y árboles en la época de verano presentó un total de 1,456 i.p.m² de igual forma que en los demás tratamiento el estrato que presentó mayor abundancia fue el de 0 a 10cm con 752 i.p.m² predominando las Oligochaeta con 448 i.p.m² y el género *Philoscia* con 128 i.p.m²,

seguido el estrato de hojarasca con 336 i.p.m², predominando el género *Solenopsis* con 80 i.p.m², el estrato de 10 a 20 se encontraron 320 i.p.m² presentando en mayor cantidad las *Oligochaeta* con 272 i.p.m² y por último el estrato de 20 a 30cm solo se encontró *Oligochaeta* con un 48 i.p.m².

En el gráfico 4 (B), se observa que el testigo en la época de invierno se encontró un total de 1,872 i.p.m², encontrándose la mayor cantidad de individuos en el estrato de 0 a 10cm con 1,152 i.p.m² predominando las *Oligochaeta* con 784 i.p.m²; seguido por el estrato de hojarasca con 448 i.p.m² predominando el género *Philoscia* con 320 i.p.m²; posteriormente el estrato de 10 a 20 cm con 240 i.p.m² predominando en este estrato las *Oligochaeta* con 144 i.p.m² y el estrato de 20 a 30cm solamente presentó 23 i.p.m².

De igual manera como en los demás tratamiento se presentó mayor abundancia en la época de invierno en comparación con la de verano.

En los tres tratamientos tanto en la época de verano e invierno predominaron en abundancia las *Oligochaeta* y el género *Philoscia* encontrándose en los primeros 10cm de profundidad.

La mayor cantidad individuos presentes en los tres tratamientos se encontró en el estrato de 0 a 10cm. Gonzales, et al., 2014, menciona que estos individuos pueden ocupar el mismo nicho ecológico donde coexisten e interactúan sobre las mismas fuentes de alimentación, espacio, reproducción y las prácticas de manejo favorecen sus poblaciones. Estos datos son fuertemente soportados por las investigaciones en cultivo de plátanos, café, Pastos y agroforestales (Zerbino M, 2005; Gonzales et al., 2014; Ruiz et. al., 2010; Pardo et al., 2006).

Según Zerbino, (2005), el grupo más abundante fue la *Oligochaeta*, que representaron el 46% del total de individuos recolectados. Esto confirma los resultados de esta investigación donde las lombrices (*Oligochaeta*) representaron un porcentaje del 65% del total de individuos recolectados.

Los investigadores Ruiz, et al., (2006), demuestran que en su investigación de comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso de terreno

encontraron que los grupos más abundante fue representado por Oligochaetas e Isópodos. Destacando que los Isópodos fueron más representativos en Relictos de selva y en las sucesiones. Esto es debido que al disminuir la diversidad arbórea y ser dominada por una sola especie influye en las propiedades química y biológica del suelo, teniendo como consecuencia la disminución de macrofauna edáfica.

Asimismo Sánchez y Reyes citado por Cabrera, (2012), al estudiar la morera (*Morus alba* L.) en monocultivo y asociada con diferentes leguminosas arbóreas (*Gliricidia sepium*) y (*Albizia lebbbeck* L) observaron una respuesta positiva en la colonización de los organismos en el suelo, sobre todo con la presencia de los árboles leguminosos. En estos últimos sistemas se obtuvieron densidades de más de 30 i.p.m² para las lombrices de tierra, y más de 100 i.p.m² de *Philoscia*. Estos resultados concuerdan con esta investigación ya que la mayor cantidad individuos por metros cuadrados en ambas épocas está dado por las Oligochaeta y las cochinillas (*Philoscia*)

Dentro de los sistemas agroforestales el componente arbóreo influye positivamente en las comunidades de macrofauna de los diferentes estratos del suelo, logrando ambientalmente la regulación del microclima, evitando que el suelo se recaliente, aumentando los niveles de materia orgánica por la adición de hojarasca que generan hábitats adecuados para el incremento de poblaciones biológica que son las encargadas de descomponer la biomasa vegetal (Otiniano citado por Delgado et al., 2011)

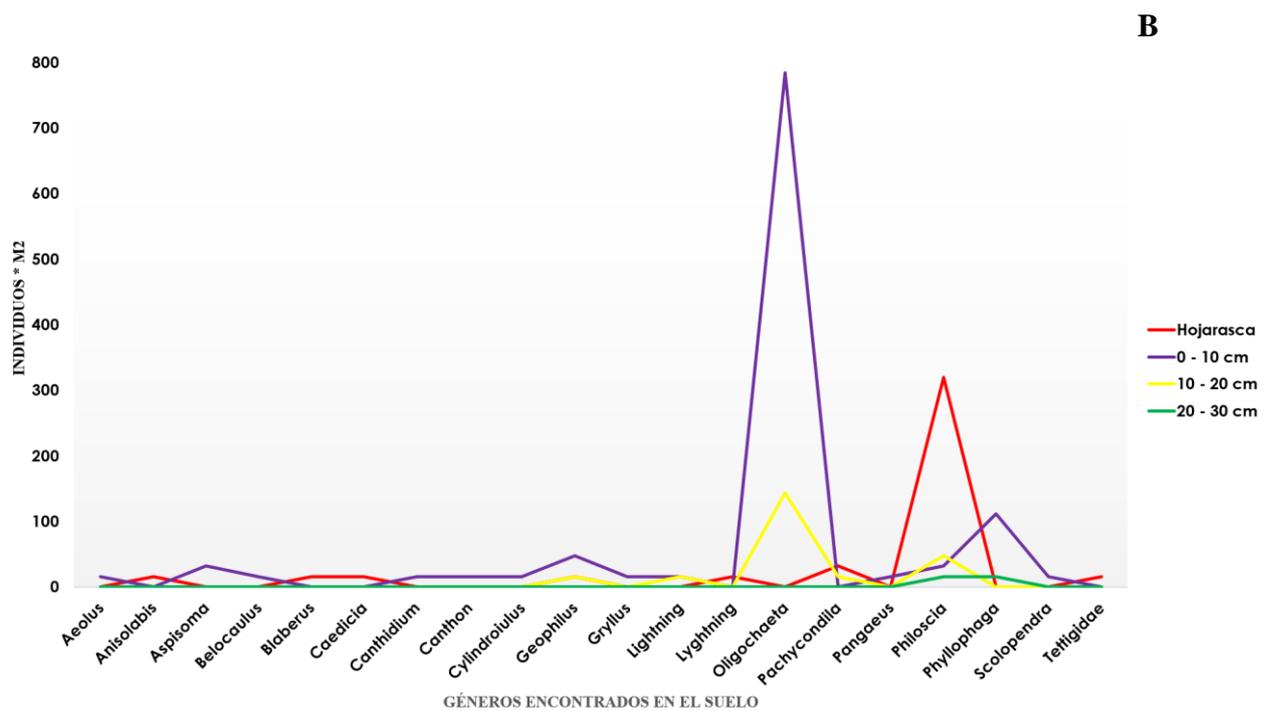
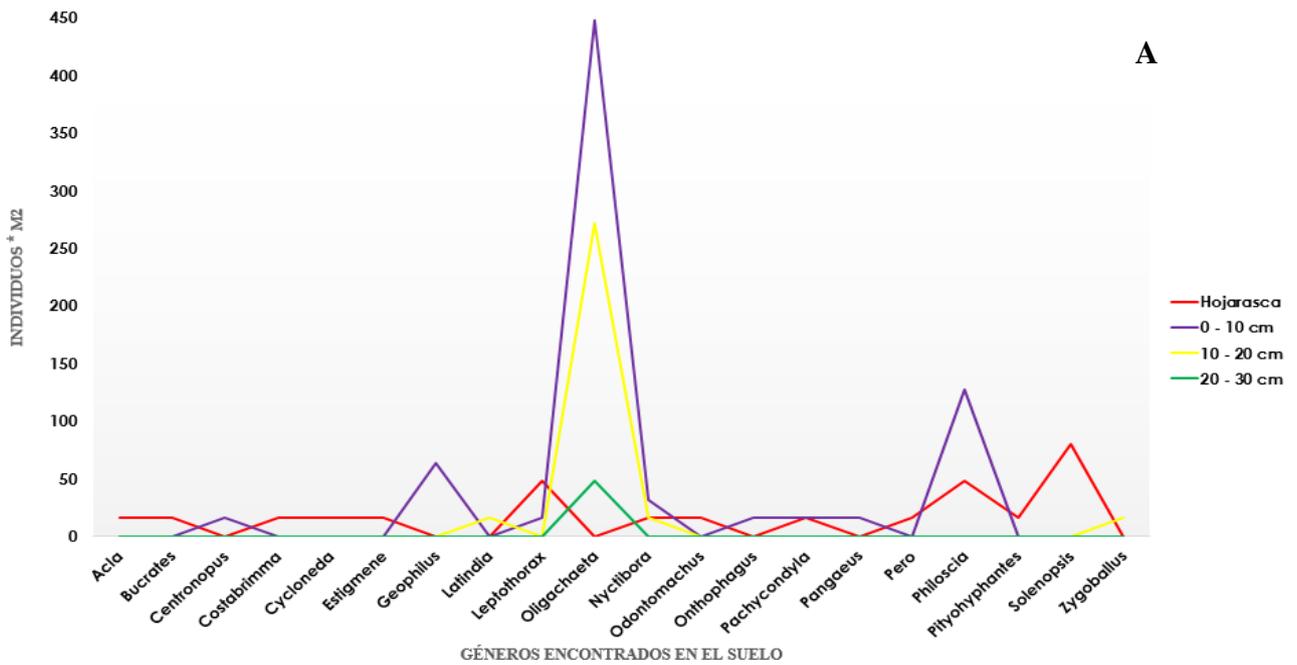


Gráfico 4. Riqueza taxonómica de la macrofauna del suelo de los géneros encontrados y abundancia relativa (i.p.m²) en los cuatros estratos en el testigo en las dos época del año verano (A) e invierno (B).

En el gráfico 5, se muestra que en la época de verano el que obtuvo mayor índice con respecto al índice de Shannon, fue el testigo con 2.73, luego el tratamiento uno con 2.34 y el tratamiento dos con 1.44. Sin embargo en la época de invierno el tratamiento uno presentó un índice de 2.62, seguido por el testigo con 2.52 y el tratamiento dos con 1.42

Con respecto al índice de abundancia y riqueza, es importante destacar que:

Índice de Shannon-Wiener: Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (Moreno citado por González, et al., 2014).

Los tratamientos que presentaron mayor índice tanto en las dos épocas del año fue el testigo y el tratamiento uno. Hay que mencionar que el índice de Shannon- Wiener aumenta su índice cuando el número de individuos y la abundancia son uniformes. Sin embargo en el tratamiento uno fue el que presentó mayor abundancia tanto en las dos épocas del año como en los demás tratamientos, pero presentó menor índice en comparación con el testigo, esto es debido a que la abundancia no está distribuida uniformemente con respecto al número de las especies, es decir una especie presentó mayor abundancia, donde en este tratamiento fueron las *Oligochaeta* presentándose con un 62.7 % del total de individuos por metros cuadrados.

Blair et al., (1996) menciona, que los invertebrados del suelo son considerados como indicador de calidad del suelo debido a que su diversidad, su número y sus funciones son sensibles al estrés y al medio ambiental en las condiciones del suelo asociada a la labranza, aplicación de fertilizantes, plaguicidas, las quemadas, la tala y otras actividades que modifican los hábitats de estos organismos, haciendo disminuir su diversidad y condicionando el hábitat a otros organismos.

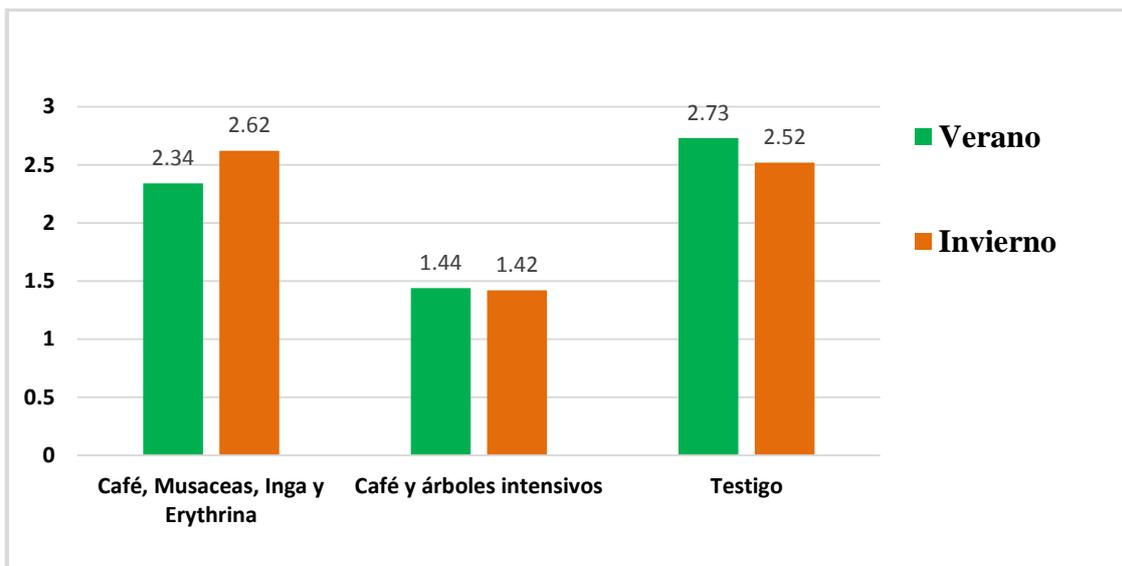


Gráfico 5. Índice de diversidad de Shannon-Wiener según la riqueza específica y la abundancia relativa de la macrofauna del suelo encontrada en los tres tratamientos en la época de verano e invierno.

En el gráfico 6 (A) de acuerdo a la abundancia relativa de los grupos funcionales de la macrofauna en los tres sistemas de manejo y asocio en la época de verano se observó que el grupo detritívoro predominó más en los tres tratamientos presentándose con mayor abundancia en el tratamiento uno con 1,568 i.p.m², posteriormente el tratamiento dos con 1,456 i.p.m², y por último el testigo con 1,072 i.p.m²; el segundo grupo funcional que predominó fue el grupo de los depredadores predominando el tratamiento uno con 416 i.p.m², seguido por el testigo con 320 i.p.m² y por el último el tratamiento dos con 160 i.p.m². Mientras tanto el grupo de los herbívoros de igual forma que en los demás grupos funcionales predominó el tratamiento uno con 96 i.p.m², seguido por el testigo con 80 i.p.m² y por último el tratamiento dos con 48 i.p.m².

En el gráfico 6 (B), se muestra que en la época de invierno el grupo funcional que predominó fue el detritívoro predominando el tratamiento uno con 1,872 i.p.m², luego por el tratamiento dos con 1,632 i.p.m² y por último el testigo con 1,372 i.p.m²; seguido por el grupo de los depredadores predominando el tratamiento uno con 592 i.p.m², luego el testigo con 240 i.p.m² y por último el tratamiento dos con 64 i.p.m²; de igual manera que en la época de verano, el último grupo funcional que predominó fueron los herbívoros predominando el testigo con 240 i.p.m², seguido por el tratamiento uno con 140 i.p.m² y por último el tratamiento dos con 80 i.p.m².

Sánchez, (2007); Sánchez et al., (2003), en experimentos de descomposición de la hojarasca por la macrofauna del suelo en ambientes con guinea y con leucaena más guinea, determinaron, para el primer sistema: tres phylo, cinco clases, ocho órdenes, siete géneros y siete especies, constituidos por 77% de detritívoros y 11,1% de herbívoros y para el segundo sistema hallaron: tres phylo, cinco clases, nueve órdenes, siete géneros y siete especies de la macrofauna, formados por 56% de organismos detritívoros, 35% de herbívoros y 9% de depredadores. Esto confirma con los resultados de esta investigación, ya que de la población total en ambas épocas, el 86% está constituido por los detritívoros.

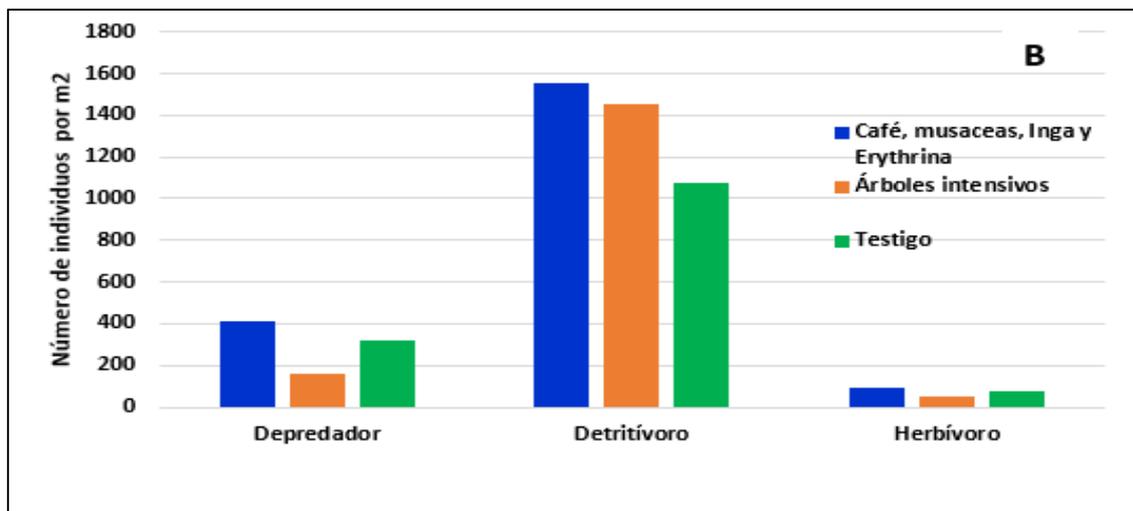
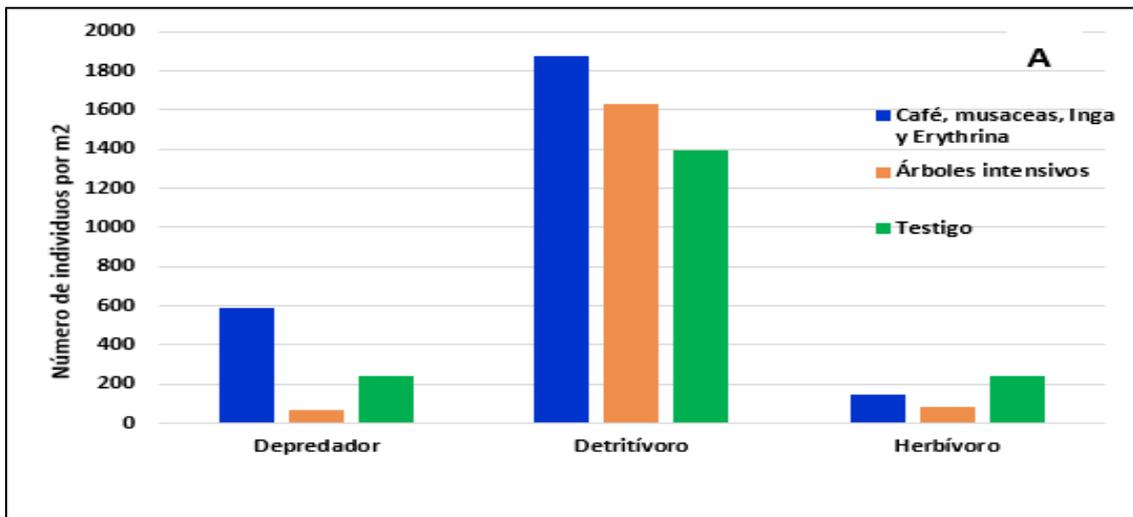


Gráfico 6. Abundancia relativa de los grupos funcionales de la macrofauna en los tres sistemas de manejo y asocio en verano (A) e invierno (B).

Para la comparación de la producción de quintales por hectáreas en cada tratamiento, se tomó la relación de las *Oligochaeta* y las *Philoscia* que son los dos géneros más abundantes.

Los tres tratamientos para el ciclo productivo 2015, se obtuvo la misma producción con 28qq/ha por cada tratamiento (Tabla 4). Esta similitud entre los tres tratamientos es debido a que las especies como sombrero tienen una altura de 120 cm como promedio, por lo tanto a un no ejerce influencia sobre el rendimiento de producción en el cultivo.

Tabla 4. Producción de café en cada uno de los sistemas de asocio y manejo.

Tratamiento	Producción (qq/ha)
Café, Musácea, Inga e Erythryna	28
Café, Inga e Erythryna	28
Testigo	28

Al realizar el análisis de la producción de las parcelas en estudio, no se pudo obtener la regresión lineal para predecir la producción en relación con las *Philoscia* y las *Oligochaeta*, ya que la producción fue la misma en los tres tratamientos, esto es debido a que las especies de sombrero no proporcionaron suficiente biomasa vegetal cuando se realizó la cosecha.

VII. CONCLUSIONES

La composición taxonómica de la macrofauna del suelo en las dos épocas del año fueron: 5 filos, 6 clases, 34 órdenes, 44 familias y 76 géneros dando un total de 10,408 i.p.m², presentando mayor abundancia en la época de invierno con 6,244 i.p.m² en comparación con la época de verano que fue 5,184 i.p.m².

El tratamiento que presentó mayor abundancia fue el tratamiento uno con 2,608 i.p.m² en la época de invierno distribuido en 23 especie y 2,064 i.p.m² en la época de verano distribuido en 25 especies.

Las especies que más predominaron en ambas épocas fueron las Oligochaetas presentándose con mayor abundancia en la época de verano con 3,456 i.p.m² y 3,328 i.p.m² en invierno predominando más en el tratamiento uno, mientras tanto la especie *Philoscia sp* se presentó con mayor abundancia en la época de invierno con 1,440 i.p.m² y de igual forma el tratamiento uno.

La mayor diversidad de riqueza representada por el índice de Shannon-Wiener fue en la época de verano en el testigo con un índice de 2.73; sin embargo en la época de invierno el tratamiento uno presentó un índice de 2.62.

El grupo funcional que predominó más fue el grupo de los detritívoros en los tres tratamientos presentándose con mayor abundancia en el tratamiento uno con 1,568 i.p.m² en verano, de igual manera predominaron los detritívoros en la época de invierno en los tres tratamiento presentándose con mayor abundancia en el tratamiento uno con 1,872 i.p.m².

Con respecto a la producción obtenida, en cada tratamiento se obtuvo 28qq/ha durante el período 2015, al realizar la regresión lineal no se obtuvo ningún resultado para predecir la producción y poder decir que la relación es fuerte o débil, ya que la producción se presenta como una constante al tener la misma cantidad de quintales por hectáreas en los tres tratamientos.

VIII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios físicos-químicos para poder estudiar la calidad de suelo y reconocer las propiedades del mismo cada uno de los tratamientos para evaluar la sostenibilidad y así proponer el asocio indicado.

Este estudio debe de realizarse en años futuros para comparar como ha sido el comportamiento de la macrofauna en los diferentes sistemas de manejo y asocio.

Realizar asocio con diversificación de especies arbóreas para sombra en el cultivo de café

Se resalta la necesidad de taxónomos especializados en invertebrados del suelo, debido a la importancia en la agricultura.

IX. BIBLIOGRAFIA

- ALTIERI, M. 1999. Diseñando agroecosistemas sustentables. In Altieri. M.A (ed). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentables. Montevideo. UY. Nordan-Comunidad. 338p.
- AFENACC, sf. OBSERVATORIO DE FENOMENOS NATURALES ANTE EL CAMBIO CLIMATICO. (s.n.t).
- ARAGON J. 2003. Guía de reconocimiento y manejo de plagas tempranas relacionadas a la siembra directa. Moliner, 6 ed. Buenos aires, agroediciones. 60p.
- BERTSCH, F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José, C.R: Asociación Costarricense de la Ciencias del Suelo (ACCS) 157 p.
- BLAIR, J; P. Bohlen and D, Freckman. 1996. Soil invertebrates as indicators of soil quality. pp. 273-291.
- BROWN, G; PASSINI, A; BENITO, N; DE AQUINO; CORREIA, E. 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Report presented in the " International symposium on managing biodiversity in agricultural ecosystems". Montreal, Canada 8-10 november, 2001. 20p
- CABRERA, G. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en cuba. 34P.
- CABRERA, G. 2012. La macrofauna edáfica cómo indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Revista Pasto y Forrajes. 35(4):344-363.
- CABRERA, G; ROBAINA, N; y PONCE DE LEON, D. 2011. Riqueza y abundancia de la macrofauna en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque Cuba. Revista pasto y forrajes. 34(3): 313-33.
- CARDOSO, I; BODDINGTON, C; JANSSEN, B; OENEMA O; KUYPERT, T. 2003. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems 58: 33-43

- CORREIA, M. 2002. Relações entre a diversidade da fauna do solo e os processos de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Rio de Janeiro, Embrapa Seropédica. Documentos no.156. 33 p.
- COTO, D. 1998. Estado inmaduros de los insectos de los órdenes Coleópteros, Dípteros y Lepidópteras: Manual de reconocimiento. Turrialba, Costa Rica. 153p.
- CURRY, J. 1987a. The invertebrate fauna of glassland and its influence on productivity. I. The composition of the fauna. *Grass and forage science* 42:103-120.
- CURRY, J. 1987b. The invertebrate fauna of glassland and its influence on productivity. II. Factores affecting the abundance and composition of the fauna. *Gras and forage science*. 42:192-22
- CURRY, J. 1987c. The invertebrate fauna of glassland and its influence on productivity. III. Effectos on soil fertility and plant growth. *Grass and forage science* 42(4): 325-341.
- DANIEL, O. 1998. Subsidios al uso del indices de diversidad de Shannon. In: Congreso Latinoamericano IUFRO,1. Valdivia-Chile, 13p.
- DE MELO, E; HAGGAR, J; AGUILAR, A; MENDOZA, R; SÁNCHEZ, V; STAVER, C. 2004. Café agroforestal manejado con insumos químicos sintéticos y orgánicos. In *Semana científica del CATIE* (6, 2004, Turrialba, CR). Memoria. Turrialba, Costa Rica. p. 76-78.
- DELGADO, G; BURBANO, A; SIRRA, A. 2011. Evaluación de la macrofauna del suelo asociada a diferentes sistemas con café *Coffea arabica* L. *Revista de ciencias agrícolas*. 28(1):91-106.
- FICHERSWORRING B; ROBKAMP, R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3ed. Lima, PE. Editorial López. 153p.
- GALLOWAY, G; BEER, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Serie técnica. Informe técnico No. 285. Proyecto agroforestal CATIE-GTZ. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 168p.
- GASSEN, D Y GASSEN, F. 1996. Plantío directo o camino de futuro. *Passo fundo, Aldeia sol*. 203p.

GLIESSMAN, R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, CR. CATIE. 359P.

GOMEZ, A. 1992. El sombrío en los cafetales conserva la capacidad de producción de los suelos. Federación nacional de cafeteros de Colombia. Departamento de recursos naturales. Informe. Santafé de Bogotá, Junio de 1992. 6p.

GONZALES, W; HERNADEZ, I; ESPINALES, S. 2015. Evaluación de la diversidad de la macrofauna en las fincas plataneras cuerno enano (AAB) en los municipios de León y Posoltega en el ciclo agrícola 2014. (Tesis). Ing. Agroecología Tesis. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León. 65p.

GUHARAY, F; MONTERROSO, D; STEVER, C. 2002. El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América central. Agroforestería en las Américas. 8(29):22-29.

GUTIERREZ, P. 2014. Clave para la identificación de las subfamilias y los géneros de hormigas (Hymenópteros: Formicidae) de Costa Rica. Cuaderno de investigación UNED. 6(1): 105-123

HENDRICKS, M. 1985. Animals and Soil in Arizona. In Hendricks, D.M. (Ed.) Arizona Soils. Tucson, University of Arizona. Editor Haney, R.A. Jr. p. 55-62.

HERNÁNDEZ, R.; IBARRA, E. 1997. El marco conceptual de la sostenibilidad en la modernización de la caficultura en el entorno tecnológico del IICA/PROMECAFÉ. In Simposio Latinoamericano de caficultura (XVIII, 1997, San José, Costa Rica). Panel de caficultura sostenible. J. Echeverri; O. Mora; L. Zamora (eds). San José Costa Rica. IICA/PROMECAFÉ. p 27.

IBAÑEZ, J. 2008. Temperatura del suelo y microclimatología. Los suelos y la vida. Consultado el 29 de febrero del 2016. Disponible en: <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/01/21/82825>

ICAFE (INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA). 1998. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. San José, Costa Rica. 1993p.

- IMBACH, C.; FASSBENDER, W.; BEER, J.; BOREL, R.; BONNEMANN, A. 1989. Sistemas Agroforestales de Café (*Coffea arabica*) con Laurel (*Cordia alliodora*) y Café con poro (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. VI. Balance hidrológicos e ingreso con lluvias y Lixiviación de Elementos Nutritivos. Turrialba. 39(3):400-414.
- JULCA, A; CARHUALLANQUI, R; CRESP, R. 2002. Efecto de la sombra y la fertilización sobre la población de hongos y bacterias del suelo en café var. "Catimor" en Villa Rica, Selva Central en Perú. *Café cacao*. 3(2):74-77
- KING, A y Saunders. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos alimenticios anuales en América central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 182p.
- LARA, L. 2005. Efectos de la altitud, sombra, producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica*) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera Norcentral de Nicaragua. Tesis. Tesis. Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92p
- LAVELLE, P ; SPAIN, A. 2001. Soil Ecology. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654 p.
- LINDEN, R.; HENDRIX, F.; COLEMAN, C.; VAN VILET, J. 1994. Faunal indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable Environment. SSSA. Special Publication no. 35. p. 91-106
- MACKEY, W y MACKEY, E. s.n.p. Clave de los géneros de hormigas en México (Hymenópteros: Formicidae). 36p.
- MAES, J. 1998. Catálogos de los insectos y artrópodos terrestres de Nicaragua. Vol. 1, 2 y 3.
- MARTÍNEZ, R. 2004. Manejo agroecológico del agroecosistema. In Encuentro Nacional de Agricultores Experimentadores e Investigadores en Producción Orgánica. (4to.2004. Turrialba, Costa Rica). La finca integral una propuesta local para un desarrollo global. Memoria. D. Polanco ; G. Soto . Eds. Turrialba, Costa Rica. p 13-22
- MASTERS, J. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes. *Ecological Studies* 173:93-112.

MOGUEL, P Y TOLEDO, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional Coffee systems of Mexico. *Conservation Biology*. 13(1):11-21

MOLINARE Y DUARTE. 2013. Efecto de siete tratamientos con fertilización edáficos sintéticos y natural sobre crecimiento vegetativo en banano variedad gros michel (aaa) en asocio con café y árboles en Yasica Sur, Matagalpa. 2011-2012. (Tesis), Ing. Agronomía. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. 39p.

MONTAGNINI, F. 2000. Ciclaje de nutrientes en plantaciones con especies puras y mixtas en Región de Bosque Húmedo Tropical. In Consejo Nacional de Rectores (6,2000, San José, Costa Rica) Taller de nutrición forestal, Memoria. San José, Costa, Rica. FONAFIFO/UNA/INTEC. p17- 24.

MONTAGNINI, F; JORDAN, C. 2002. Reciclaje de nutrientes. In Guariguata, M. R; Kattan,G.H. eds. *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales*. Cartago, CR. LUR. 167-190p.

MONTENEGRO, E. 2005. Efecto del aporte de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 77P

MOREIRA, F; JEROEN, E; BIGNELL, D. 2012. Manual de biología de suelos tropicales: Muestro y caracterización de la biodiversidad bajo suelo.360p

MUSCHLER, R. 2000. Árboles en cafetales. Turrialba, Costa Rica; CATIE/GT2. 139p

PARDO, L; VELEZ, C; SEVILLA, F; MADRID, O. 2006. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada de lluvias en tres usos de tierra en los Andes, Colombianos. s.n.p. 12p.

PORRAS, C. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el corredor biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis. Mag. Sc. Turrialba, Costa RICA, CATIE. 150P.

PRIMAVESI A. 1984. Manejo ecológico del suelo. 884p

RENDON, S; ARTUNDUAG, F; RAMIREZ, R; QUIROZ, J; LEIVA, E. 2011. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del suelo en cultivo de mora, pasto y aguacate. Rev. Fac. Agr. Mendellin. 64(1):5791-5802.

ROUSSEAU, L. 2011. Indicadores de los servicios ecosistémicos en los sistemas agrícolas, agroforestales y forestales en Nicaragua. Tesis. Informe final de maestría especialidad en ecología, biodiversidad y evaluación (EBE). 78P.

Ruiz, D; FEIJOO, A; RODRIGUEZ, C. 2006. Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso del terreno en la cuenca del Rio Otun, Colombia. Acto Zoológico mexicana. Consultado el 2 de Septiembre del 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372010000500012#c1

SADEGHIAN, S; RIVERA M, GÓMEZ, M. 1997. Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. In Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO producción y sanidad animal 143. 124

SALAZAR, E; MUSCHLER, R; SANCHEZ, V; JIMENEZ, F. 2000. Calidad de *Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. Agroforestería en las americas. 7(26):40-42.

Sánchez, F; Moreno, A; Muñoz, F. 1993. *Erythrina fusca*: un árbol leguminoso de la costa norte de Colombia con potencial agroforestal. In Westley, S B; Powell, M H (eds) *Erythrina in the New and old worlds*. Hawaii, US. NFTA p 55-61

SÁNCHEZ, S. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.135 p.

SÁNCHEZ, S. y REYES, F. 2003. Estudio de la macrofauna edáfica en una asociación de *Morus alba* y leguminosas arbóreas. Pastos y Forrajes. 26:315

- SERNA, F y VERGARA, E. 2001. Claves para la identificación de subfamilias y los géneros de hormigas de Antioquía y Chocó, Colombia. *Revista del I.C.N.E.* 7(1):1-41
- SOMARRIBA, E. 1998. Que es agroforestería. In Jiménez, F; Vargas, A. (eds). *Apuntes de clase del curso corto: Sistemas Agroforestales*. Turrialba, CR, CATIE/GTZ. p. 3-14.
- SOMARRIBA, E.1999. Diversidad de Shannon. *Agroforestería en las américas*. 1:71-74
- SZOTT, T Y KRASS, C. 1994. Los fertilizantes en los sistemas agroforestales. In krishnamurthy, L; Leos-Educacion, investigación y extensión. Chapingo, México. 83-105p
- TREJO, M; BARRIOS, E; TURCIOS, W; BARRETO, H. 1999. Método participativo para identificar y clasificar indicadores locales de calidad del suelo a nivel de microcuena. Guía 1. In *Instrumentos metodológicos para la toma de decisiones en el manejo de los recursos naturales*. 255p.
- VAAST, P; SNOECK, D. 1999. Hacia un manejo sostenible de la materia orgánica y de la fertilidad biológica de los suelos cafetaleros. In Bertrand, B; Rapidez, B. eds. *Desafío de la cafcultura en Centro América*. San José, C.R. IICA: PROMECAFE: CIRAD: IRD: CCCR. Francia. Editorial Agronómica. 139-169p.
- ZERBINO, M. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis. Mag.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 92p

X. ANEXOS

Anexo 1. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del tratamiento uno en la época de verano.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Blaberus	16	0	0	0	16
	Bucrates	16	0	0	0	16
	Camponotus	0	0	0	16	16
	Canthidium	0	16	0	0	16
	Costabrimma	0	0	0	16	16
	Crematogaster	0	0	32	0	32
	Cyclocephala	0	0	16	0	16
	Euborellia	0	0	16	0	16
	Hermetia	16	0	0	0	16
	Lamproblatta	0	16	16	0	32
	Leptothorax	0	16	96	0	112
	Oligochaeta	0	688	528	144	1360
	Macroanaxipha	16	0	0	0	16
	Nabis	32	0	0	0	32
	Odontomachus	0	0	16	0	16
	Odontomyia	48	0	0	0	48
	Ommatoiulus	0	0	16	0	16
	Oxicera	16	16	0	0	32
	Pardosa	0	32	0	0	32
	Philoscia	48	80	0	0	128
	Photuris	0	16	0	0	16
	Phthia	16	0	0	0	16
	Phyllophaga	0	16	0	0	16
Pnirontis	16	0	0	0	16	
Zygoballus	0	16	0	0	16	
Total	240	912	736	176	2064	

a. Tratamiento = Café, Musacea, Ingas y Erythrina

Anexo 2. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del tratamiento dos en la época de verano.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Aspisoma	16	0	0	0	16
	Blaberus	0	16	0	16	32
	Centronopus	0	32	0	0	32
	Ectatomma	0	0	16	0	16
	Geophilus	0	32	0	0	32
	Latindia	0	0	16	0	16
	Oligochaeta	0	784	400	144	1328
	Lyghthing	0	16	0	0	16
	Micrathena	0	0	0	16	16
	Nabis	16	0	0	0	16
	Otiorhynchus	0	16	0	0	16
	Pachycondyla	0	0	0	16	16
	Philoscia	0	80	0	0	80
	Scolopendra	0	16	0	0	16
	Solenopsis	16	0	0	0	16
Total		48	992	432	192	1664

a. Tratamiento = Arboles intesivo

Anexo 3. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del testigo en la época de verano.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Acla	16	0	0	0	16
	Bucrates	16	0	0	0	16
	Centronopus	0	16	0	0	16
	Costabrimma	16	0	0	0	16
	Cycloneda	16	0	0	0	16
	Estigmene	16	0	0	0	16
	Geophilus	0	64	0	0	64
	Latindia	0	0	16	0	16
	Lepto thorax	48	16	0	0	64
	Oligochaeta	0	448	272	48	768
	Nyctbora	0	32	0	0	32
	Nyctibora	16	32	16	0	64
	Odontomachus	16	0	0	0	16
	Onthophagus	0	16	0	0	16
	Pachycondyla	16	16	0	0	32
	Pangaeus	0	16	0	0	16
	Pero	16	0	0	0	16
	Philoscia	48	128	0	0	176
	Pityohyphantes	16	0	0	0	16
	Solenopsis	80	0	0	0	80
Zygoballus	0	0	16	0	16	
Total		336	752	320	48	1456
a. Tratamiento = Testigo						

Anexo 4. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del tratamiento uno en la época de invierno.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Aeolus	0	0	16	0	16
	Camponotus	32	0	0	0	32
	Canthidium	0	16	0	0	16
	Cylindroiulus	0	16	0	0	16
	Epitrix	16	0	0	0	16
	Geophilus	0	32	0	0	32
	Gryllus	16	0	0	16	32
	Hahnia	48	16	0	0	64
	Holocompsa	16	0	0	0	16
	Leptothorax	64	32	0	0	96
	Nabis	16	0	0	0	16
	Odontomyia	32	0	0	0	32
	Oligochaeta	0	1056	144	32	1232
	Oxidos	16	0	0	0	16
	Pachycondila	16	0	16	160	192
	Pangaeus	0	16	0	0	16
	Philoscia	496	80	16	0	592
	Phyllophaga	0	16	16	32	64
	Piratula	16	0	0	0	16
	Psetaphochn	0	0	0	16	16
Scolopendra	16	0	16	16	48	
Sphaeroderma	16	0	0	0	16	
Tetranychus	16	0	0	0	16	
Total		832	1280	224	272	2608
a. Tratamiento = Café, Musacea, Ingas y Erythrina						

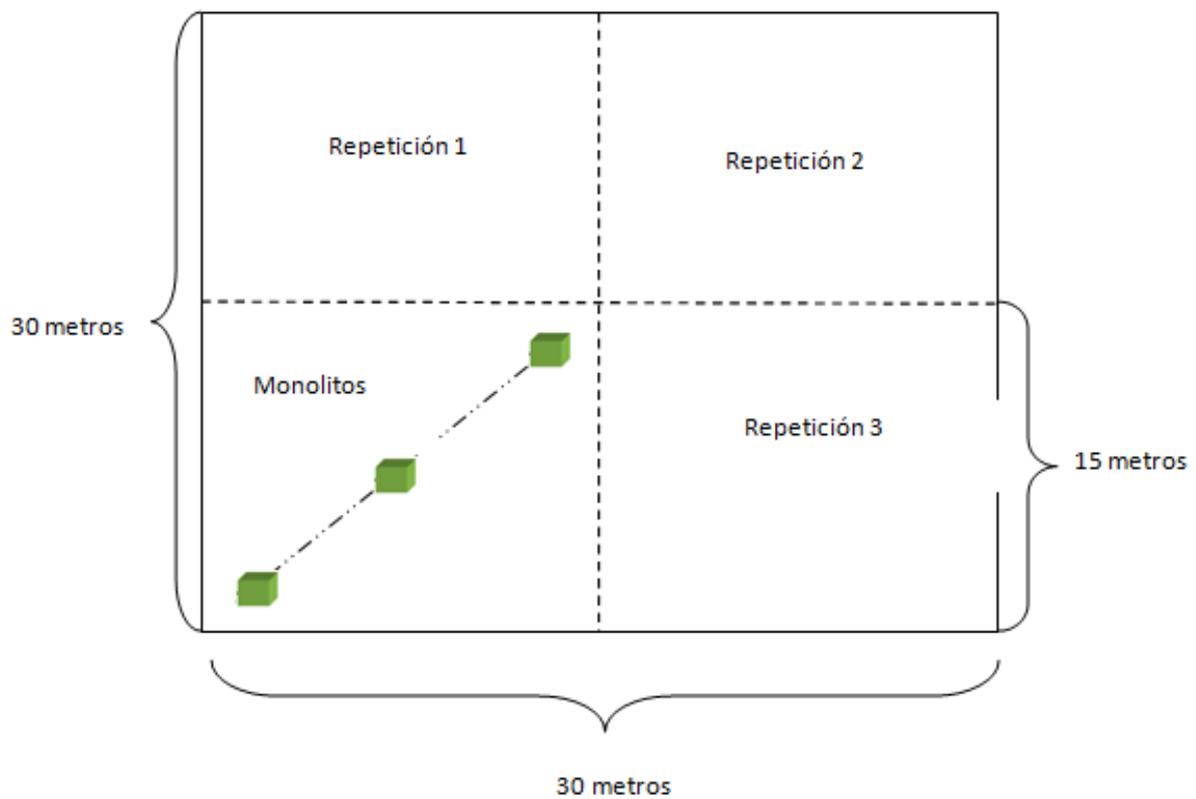
Anexo 5. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del tratamiento dos en la época de invierno.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Aeolus	0	16	0	0	16
	Geophilus	16	0	0	0	16
	Gryllus	0	0	16	0	16
	Hahnia	16	0	0	0	16
	Oligochaeta	16	1040	96	16	1168
	Oxyopes	16	0	0	0	16
	Pachycondila	16	0	0	0	16
	Philoscia	368	32	32	0	432
	Phyllophaga	16	16	0	0	32
	Tettigidae	16	0	0	0	16
Total		480	1104	144	16	1744
a. Tratamiento = Arboles intesivo						

Anexo 6. Salida del SPSS de la tabla de contingencia de la abundancia relativa del testigo en la época de invierno.

Tabla de contingencia Género * Estrato ^a						
Recuento						
		Estrato				Total
		Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	
Género	Aeolus	0	16	0	0	16
	Anisolabis	16	0	0	0	16
	Aspisoma	0	32	0	0	32
	Belocaulus	0	16	0	0	16
	Blaberus	16	0	0	0	16
	Caedicia	16	0	0	0	16
	Canthidium	0	16	0	0	16
	Canthon	0	16	0	0	16
	Cylindroiulus	0	16	0	0	16
	Geophilus	16	48	16	0	80
	Gryllus	0	16	0	0	16
	Lyghtning	0	16	16	0	32
	Lyghtning	16	0	0	0	16
	Oligochaeta	0	784	144	0	928
	Pachycondila	32	0	16	0	48
	Pangaeus	0	16	0	0	16
	Philoscia	320	32	48	16	416
	Phyllophaga	0	112	0	16	128
	Scolopendra	0	16	0	0	16
	Tettigidae	16	0	0	0	16
Total		448	1152	240	32	1872
a. Tratamiento = Testigo						

Anexo 7. Esquema de alineación de los monolitos para el muestreo de la macrofauna.



Anexo 6. Ilustración del monolito



Figura 1. Descripción de los estrados del monolito

Anexo 7. Registro de la macrofauna

Tabla 5. Abundancia (N° de individuos por sistemas) de la macrofauna en diferentes sistemas de asociados con café.

Tratamiento: _____ Repetición: _____ Estrado: _____ Época: _____

N°	Philo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						

Anexo 8. Ilustración fase de campo.

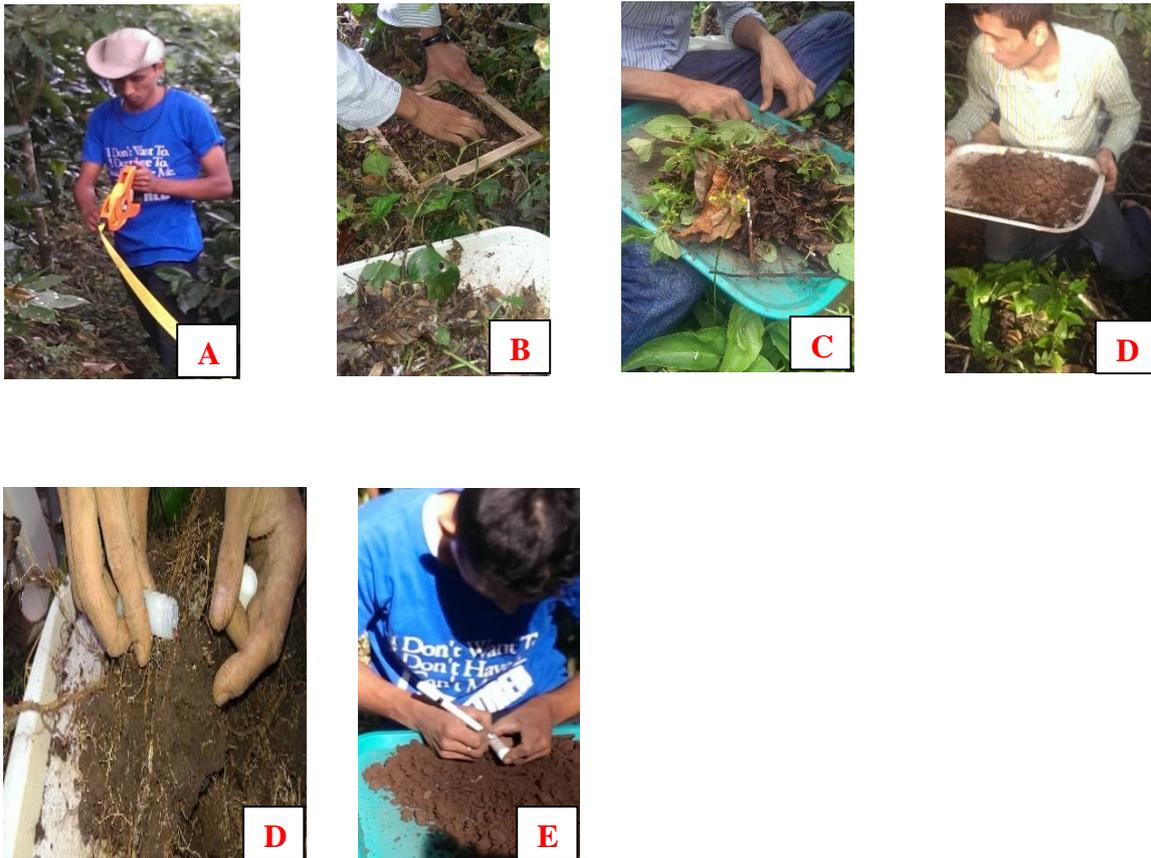


Figura 2: Descripción de la fase de campo en la recolección de la macrofauna del suelo. A). Medición de los puntos de muestreo, B). Recolección de la hojarasca, C). Revisión de la hojarasca, D). Revisión del suelo para la recolección de la macrofauna, E). Recolección de la macrofauna

Anexo 9. Ilustración de la fase de laboratorio



Figura 3. Descripción de la fase de Laboratorio. A). Proceso de identificación de los especímenes encontrados en la fase de campo. B). Organismo del orden Isópodo del género *Philoscia*, perteneciente al grupo de los detritívoros.