



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA



FACULTAD REGIONAL MULTIDISCIPLINARIA

(FAREM-ESTELÍ)

Estación Experimental para el estudio del trópico seco “El Limón”

Catholic Relief Services

(CRS-Nicaragua)

Tema: Diversidad de macro y mesofauna en el norte del corredor seco
Nicaragüense

Trabajo monográfico para optar al título de Ingeniero Ambiental.

Autores:

Br. María Karolina Corrales Flores.
Br. Karen Judith Montenegro Cárdenas.
Br. Isaac Antonio Talavera Zamora.

Tutores:

M.Sc. Josué Tomás Urrutia Rodríguez.
M.Sc. Kenny López Benavides.

Enero, 2018

*“El mundo está en manos de aquellos que tienen el coraje de
soñar y de correr el riesgo de vivir sus sueños”*

P. Coelho

Tabla de contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
1.2 Justificación	2
1.3 Antecedentes.....	2
II. OBJETIVOS	4
2.1 General.....	4
2.2 Específicos	4
III. MARCO TEÓRICO	5
3.1. Generalidades de mesofauna	5
3.2. Generalidades de macrofauna	8
3.3. Importancia de los organismos que habitan en el suelo	13
3.6. Conceptos básicos	15
IV. HIPÓTESIS	16
V. MATERIALES Y MÉTODOS	17
5.1. Área de estudio	17
5.2. Tipo de estudio.....	19
5.3 Tipo de Muestreo	19
5.4. Determinación de población y muestra en parcela de restauración, bosque y convencional	19
5.4.1 Población o universo.....	19
5.4.2 Muestra	19
5.5 Etapas generales del proceso de investigación.....	20
5.5.1 <i>Etapa de gabinete:</i>	20
5.5.2 <i>Etapa de Campo:</i> Esta etapa se describe según el orden de los objetivos específicos.....	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
6.1 Riqueza y abundancia de especies macrofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque.....	23

6.2 Diversidad de la macrofauna del suelo en sistemas de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco nicaragüense.....	26
6.2.1 Diversidad de mesofauna en sistemas de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco de Nicaragua.....	27
6.3 Relación de la materia orgánica con la presencia de macro y mesofauna en sistemas de conservación, convencional y bosque.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	33
X. ANEXOS	35
Tabla 4: Detalle presupuesto de Programa ASA	35
Tabla 5: Balance general, inversión de tesis	35
Tabla 6: Cronograma de Actividades	36
Fotografía 2.....	37
Fotografía 3.....	37

Indice de Cuadro

Tabla 1: Descripción de las condiciones edafoclimáticas 2 fincas de los municipios de Condega y Estelí.....	Pag.
Tabla 2: Cronograma de Actividades	43
Tabla 3: Balance general, inversión de tesis.....	Pag.
Fotografías	37

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que es el motor que impulsa mi vida, que gracias a la ayuda de él he sabido enfrentar todas mis dificultades, y seguir en pie de lucha.

A mis padres Gregoria Cárdenas Gutiérrez y Francisco Javier Montenegro Lazo, que han creído en mí, y han compartido sus valores, a mi hermana Sayda Lisseth Montenegro que también ha creído en mí y me ha apoyado incondicionalmente. Y a todos esos amigos y a las personas que de una u otra manera me han ayudado a mi formación profesional, para finalizar mi carrera.

Br. Karen Judith Montenegro

A Dios por sobre todas las cosas ya que él me ha permitido tener aliento de vida hasta este momento; porque me ha brindado las fuerzas, sabiduría, entendimiento para terminar esta carrera que es mi gran anhelo, ha sido la lámpara que ha iluminado todos mis pensamientos en todo momento.

Dedico el presente trabajo a mis padres Ileana Lisseth Zamora y Cruz Antonio Talavera, quiénes han sido un apoyo incondicional; siendo mi guía en las diferentes etapas de mi vida, transmitiéndome sus valores, brindándome sus consejos y luchando a mi lado. De igual manera a mi hermana Iris Lisseth y a todas las personas que depositaron su confianza, los que de una u otra manera estuvieron involucrados ayudando en mi formación profesional y en la realización de este trabajo.

Br. Isaac Antonio Talavera

Dedico este trabajo a Dios primeramente por ser el dador de la vida, por permitirme estar hasta esta etapa, a él porque me ha brindado amor, fuerzas, pasión, sabiduría, entendimiento, entrega en cuerpo y alma para terminar esta carrera.

A mis padres Maritza de Jesús Zeledón y José María Corrales Rodríguez quiénes han transmitido sus valores, amor y cada una de sus enseñanzas; así mismo mi hermano Francisco Javier y cada una de aquellas personas que han brindado sus consejos y confianza de creer que podía luchar y finalizar con éxito, infinitamente gracias.

Br. María Karolina Corrales

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a **Dios** que nos regala la vida para concluir con nuestros sueños y metas.

A nuestro tutor **M.Sc. Josué Tomás Urrutia Rodríguez**, que a través del proyecto ASA (Agricultura, Suelo y Agua), depositó su confianza en nosotros para llevar a cabo esta investigación, por brindarnos sus valiosas sugerencias y aportes a lo largo de la investigación y por tenernos paciencia.

A nuestro tutor **M.Sc. Kenny López Benavides** por su disposición, su paciencia y sus recomendaciones en todo momento y su apoyo tan importante en toda la investigación.

A nuestro asesor **M.Sc. Oscar Rafael Lanuza** por su rectitud en su profesión como docente, por sus consejos y orientación que ayudan a formarte como persona e investigador.

A la **Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua)**, a la **Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí)** a los **docentes** por apoyarnos y facilitarnos este espacio de superación, que en estos últimos cinco años nos han brindado conocimientos para nuestra vida profesional.

A **Catholic Relief Services (CRS- Estelí)** por brindarnos el espacio, apoyo profesional y financiero para poder finalizar con este proyecto de investigación.

A productores, propietarios de las fincas que forman parte del proyecto ASA, que nos permitieron realizar el estudio en dichas parcelas.

A compañeros de clases, en especial a Jorge Pérez Gurdían y Eddy Castillo Sevilla, por su apoyo en recolecta de datos en campo.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de nuestra familia y amigos.

RESUMEN

La investigación se realizó en el I semestre del 2017 en la Estación Experimental para el estudio del trópico seco “El Limón”, adscrita a la UNAN-Managua/FAREM-Estelí y en la comunidad San Diego del municipio de Condega. Con el objetivo de evaluar la diversidad de macro y mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque. Además, se hace necesario, determinar la relación de la materia orgánica con la riqueza de microorganismos del suelo.

El estudio se realizó en dos fases: de campo y laboratorio. En la fase de campo se extrajeron muestras a través de calicata (Monolito), obteniendo una muestra compuesta por cada sistema y bosque; la variable de suelo considerada para el estudio fue: Materia orgánica (MO). Además, se utilizó el método propuesto por Berlesse – Tüllgreen, que consiste en extracción por embudo para separar los pequeños artrópodos. En la fase de laboratorio, se extrajeron los especímenes y se conservaron en alcohol al 70%. Posteriormente, se clasificaron en grupos taxonómicos a nivel de orden y sub-orden; además se determinó la abundancia y riqueza de las poblaciones de macro y mesofauna.

Los resultados muestran mayor riqueza y abundancia en mesofauna para el sistema de agricultura de conservación y bosque al igual que macrofauna; para el caso de mesofauna encontramos dos clases (Collembolos y Ácaros), al igual que macrofauna (Insecta y Arachnida) sin embargo el orden de las dípteras tuvieron mayor presencia en sistemas de conservación y bosque. En cuanto a la profundidad de 10-20 cm se observó una mayor abundancia de individuos, también hay mayores porcentajes de materia orgánica.

Palabras claves: mesofauna, diversidad, abundancia, sistemas de conservación, convencional y bosque.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años y a nivel mundial, la degradación del recurso suelo ha sido cada vez mayor. De acuerdo a Solbrig (1997), la capacidad productiva de un suelo depende del manejo que el agricultor haga del mismo. Los disturbios producidos por la actividad humana tradicionalmente producen erosión, pérdida de la materia orgánica y alteran tanto la biodiversidad como las condiciones del ambiente edáfico (Potter & Meyer, 1990).

La biodiversidad de los suelos incluye un gran número y variedad de organismos que son la parte viva de los suelos e interactúan entre sí y con las plantas, son los agentes de la descomposición de la materia orgánica, incrementando la adquisición de nutrientes por la vegetación y contribuyendo a la retención del carbono del suelo (FAO, 2001).

En los sistemas tropicales, está demostrado que la meso y macrofauna desempeñan un papel clave en los procesos que determinan la conservación y fertilidad del suelo, al regular la disponibilidad de minerales asimilables por las plantas y favorecer la estructura del suelo, influyendo en las condiciones de vida, la abundancia y composición de otras comunidades del suelo (Feijoo y Knapp, 1998, citado por Rendon *et al*, 2010).

La mesofauna edáfica comprende a los organismos cuyo diámetro corporal varía de 0,1 a 2,0 mm (Swift *et al*, 1979). Interviene en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno (García *et al*, 2004).

Los macro-invertebrados edáficos (mayores de 2 mm de diámetro) actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico. Esta fauna puede ser afectada por diferentes usos y manejos de la tierra. Debido a su susceptibilidad y rápida respuesta ante los cambios en la cobertura, la transformación de la vegetación, el comportamiento ante distintas variables ambientales y la actividad ecológica que desempeñan, muchos autores proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental (Lavelle *et al*, 2003).

1.2 Justificación

El año 2010, fue declarado por las Naciones Unidas el año internacional de la Biodiversidad, y no podemos seguir ignorando una amplia proporción de la diversidad biológica global, la biodiversidad del suelo. Los suelos albergan una extraordinaria variedad de formas de vida que ayudan a mantenerlos sanos y fértiles. Unos suelos sanos contribuyen a amortiguar el cambio climático, almacenan y purifican agua, son una fuente de antibióticos y previenen la erosión. Sin embargo, este hábitat se encuentra hoy más amenazado que nunca (Potocnik, 2010).

El método más utilizado en nuestro país para realizar esta determinación es el método del cilindro. Una de las desventajas de tomar la muestra con el cilindro, es que el valor puede variar con el tamaño del cilindro, siendo mayor la densidad cuando menor es el tamaño del cilindro, a causa de que no se captan los poros de mayor diámetro. En general, el método presenta poca variación, es fácil de repetir y su determinación es sencilla.

En los municipios de Condega y Estelí, poco se conoce sobre investigaciones de diversidad de macro y mesofauna en los suelos, es por ello que el objetivo de esta investigación consistió en evaluar la diversidad de macro y mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco de Nicaragua, lo que contribuye a la mejora de documentación científica-técnica, dando aportes al conocimiento de los diferentes usos de suelos como la calidad que estos presentan, así mismo tener una base de información de nuestros suelos, y las mejoras que deben hacerse, esto aporta a la disminución de los contaminantes en los sitios, protección y cuidado racional de recurso suelo.

1.3 Antecedentes

Múltiples investigaciones se han realizado en torno al tema de macro y mesofauna a nivel internacional, no obstante en nuestro país poca es la investigación que se ha desarrollado en torno al tema de mesofauna, sin embargo en el tema de macrofauna se han realizado varias investigaciones.

Por ejemplo, (Morán *et al*, 2015) Diversidad de Macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. (Marango) en finca Santa Rosa, UNA; los resultados muestran mayor abundancia para todos los phylum en el sistema de manejo agroecológico. La clase insecta registro el número más alto de individuos. En el sistema convencional se identificaron cinco clases, dos órdenes y cuatro familias, en cambio en el sistema agroecológico estos valores fueron mayores para todas las categorías. En la profundidad de 10-20cm se observó una mayor abundancia de individuos. Las termitas tuvieron mayor

presencia en ambos sistemas no así con las lombrices de tierra que tuvieron mayor presencia en el sistema agroecológico.

Igualmente, (Muñoz *et al*, 2010) Caracterización de la mesofauna en bromelias (*Guzmania gloriosa* y *Tillandsia* sp) en dos pisos altitudinales en el sector de Cajanuma (Ecuador); concluyeron que los tres taxones con mayor riqueza y abundancia de *G. gloriosa* y *T. confinis* en 2800 y 3100 fueron la familia oribatida, la clase Ostracoda y la subfamilia Orthoclaadiinae. El índice de Shannon indicó que ambas altitudes estudiadas presentan una diversidad media, mientras que el índice de similaridad de Morisita Horn indica que comparten el 71 y 83 % de los respectivos análisis estadísticos se determinó que no existen diferencias estadísticas significativas entre la abundancia de la mesofauna presente en ambas bromelias con respecto a la altitud.

También, Socarrás *et al*, (2011) realizaron la caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo ferralítico rojo de Mayabeque y Artemisa, Cuba. Encontraron que los máximos valores de densidad (ind.m⁻²) para la mesofauna y para los grupos detritívoros se registraron en el bosque, seguido de los cultivos varios, el pastizal y la caña de azúcar. El balance oribátidos/astigmados fue mayor que uno en el bosque y en el pastizal, lo cual indicó estabilidad y fertilidad del suelo; mientras que en los cultivos varios el balance estuvo muy cercano a uno y ello reveló la necesidad de un cambio de manejo en la explotación agrícola. En el uso caña de azúcar esta relación fue menor que uno, lo que mostró perturbación y desequilibrio del medio edáfico producido por las prácticas agrícolas.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar la diversidad de macro y mesofauna en sistemas de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco de Nicaragua.

2.2 Específicos

- 2.1.1 Identificar las morfo especies de macro y mesofauna encontradas en sistemas de agricultura conservación, convencional y bosque.
- 2.1.2 Determinar el efecto de los sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque en la diversidad de macro y mesofauna del suelo.
- 2.1.3 Relacionar la materia orgánica con la presencia de macro y mesofauna en sistemas de agricultura conservación, convencional y bosque.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Generalidades de mesofauna

3.1.1. Concepto de mesofauna

Son invertebrados macroscópicos del suelo y que están formados por tres grupos representativos como son los artrópodos, las lombrices y los nemátodos, su importancia radica en la diversidad estructural y funcional interviniendo en la descomposición de la materia orgánica, aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para

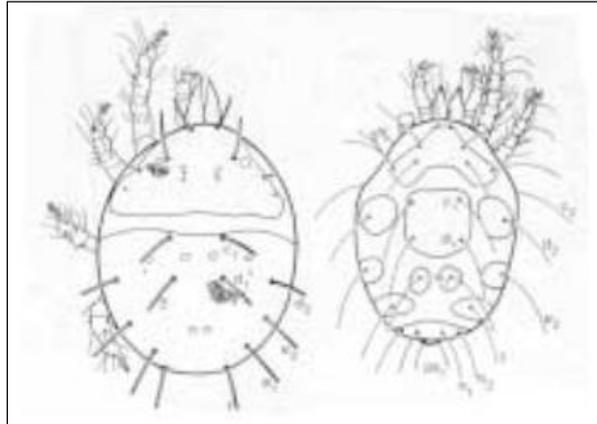


Imagen 1: Ácaros, fuente: ocwus.us.es

el mantenimiento de la productividad del suelo. (Usher *et al*, 2006). Muchos de los grupos que la integran funcionan como bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del medio edáfico, ya que son muy sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad.

La mayoría de los organismos que componen la mesofauna se caracterizan por ser sensibles a perturbaciones naturales y antrópicas generadas en el medio, las cuales originan cambios en su composición específica y en la abundancia, ocasionando pérdida de especies y la diversidad de las mismas, conllevando a una disminución de la estabilidad y la fertilidad. Por lo anterior, estos organismos son considerados como un buen indicador biológico del estado de conservación del suelo.

3.1.2. Clasificación de la mesofauna

3.1.2.1. Ácaros

Los ácaros son unos seres vivos diminutos que pertenecen al grupo de los arácnidos, son uno de los grupos de microorganismos más abundantes en los diferentes estratos del suelo.

Están adaptados según las condiciones del medio donde viven y según su alimentación.

Estos pequeños arácnidos de no más de 2 o 3 mm de longitud (Imagen 2) no presentan casi segmentación evidente, aunque se suele distinguir un gnatosoma y un idiosoma. El gnatosoma contiene las piezas bucales (quelíceros) y los pedipalpos. El idiosoma contiene entre tres y ocho pares de patas (la mayoría de las veces, cuatro) y los orificios genitales. Los estigmas traqueales, en número variable, se abren en distintas partes del cuerpo y esto permite definir y distinguir los subórdenes.

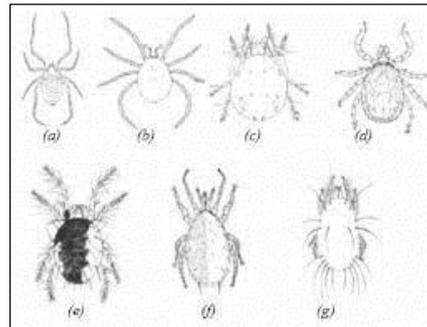


Imagen 2: Ácaros, fuente: <http://www.ungs.edu.ar>

Suborden Mesostigmata: son ubicuos en los suelos donde actúan como depredadores de nematodos, enquitreidos o microartrópodos, tanto en el suelo propiamente dicho como en la hojarasca. Su gnatosoma es característico porque forma una especie de tubo o embudo con su base esclerotizada. Su reproducción puede ser sexual común o partenogenética. Puede encontrárselos en número de varios miles por metro cuadrado (Momo *et al*, 2003).

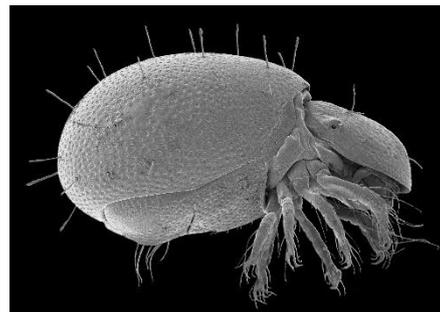


Imagen 3: Mesostigmata, fuente: <https://macromite.wordpress.com>

Suborden Prostigmata: (Actinedida) encontramos comedores de hongos y algas, depredadores y comedores de plantas. Los Astigmata o Acaridida pueden ser micófagos, saprófagos, fitófagos o parásitos, son ácaros muy esclerotizados, de movimientos lentos. Respiran a través de la cutícula. Sus piezas bucales están adaptadas a la masticación y su labor facilita el proceso de humificación en el suelo ya que fragmentan el material detrítico ofreciendo mayor superficie de ataque a las



Imagen 4: Prostigmata, fuente: <https://esdac.irc.ec.europa.eu>

bacterias (Momo *et al*, 2003).

Suborden Oribatida o Cryptostigmata:

llamados ácaros del musgo son uno de los grupos numéricamente dominantes entre los microartrópodos de los horizontes orgánicos del suelo, alcanzando números de cientos de miles por metro cuadrado. Su tamaño varía entre 0,15 y 1,50 mm; son de colores variados, dependiendo del grado de esclerotización y melanización de la cutícula; así, los encontramos desde color blanco o amarillo claro hasta negros.

Comen material detrítico o microorganismos (hongos, algas) (Momo *et al*, 2003).



Imagen 5: Cryptostigmata, fuente: <https://macromite.wordpress.com>

3.1.2.2. Collembola

Los Collembola son insectos ápteros, pequeños, que viven en el suelo. Presentan en la extremidad posterior del cuerpo una fúrcula, que se dobla debajo del cuerpo al reposo y que, al extender rápidamente, provoca un salto del insectito. Son de coloración variable, las piezas bucales son alargadas, en forma de estiletos y colocadas adentro de la cápsula cefálica. En la parte ventral, los colémbolos presentan una especie de tubo corto, el colóforo, que se supone les sirve para adherirse al sustrato. A veces pueden alcanzar 100,000 por metro cúbico de suelo.

Algunos son depredadores, otros saprófagos, algunos comen hongos, polen, algas, etc. Raras veces, comen plantas vivas y se han reportado como plaga de cultivos. Los Colémbolos tienen un ciclo de reproducción epimetábolo, es decir los inmaduros son parecidos a los adultos y los adultos siguen mudando. El orden Collembola se divide en dos subordenes: Arthropleona y Symphypleona.

Los colémbolos juegan un importante papel funcional en los procesos de descomposición de la materia vegetal muerta, del ciclo de nutrientes y ayudan en la formación de las características del suelo Cassagne *et al*, (2003).

3.1.2.2.1. Funciones de los collembolos en el suelo

- 1) Fraccionan y trituran los restos vegetales. Esta acción mecánica es primordial para aumentar la superficie de implantación de la microflora.
- 2) Teniendo en cuenta el principio de la exclusión competitiva, los elementos ingeridos son degradados selectivamente por las especies gracias a su equipamiento enzimático específico. De esta forma, pueden participar directamente en la formación de sustancias húmicas (humus coprógeno) que

forman agregados complejos en los que se encuentran íntimamente mezcladas la materia orgánica y la fracción arcillosa del suelo. Además, las heces estimulan el crecimiento de gérmenes microbianos.

3) Participan en el control y dispersión de los microorganismos, ya que los materiales que ingieren son imperfectamente digeridos, y una parte importante es expulsada en forma de microorganismos aún viables. Así, participan en la renovación de especies microbianas, inoculándolas en sustratos que no están aún colonizados. Esta diseminación selectiva es más eficaz que el transporte accidental de gérmenes en la superficie del cuerpo de los animales.

3.1.2.2.2. Órdenes de collembolos

El **orden Poduromorpha** es uno de los tres grupos principales de Collembolos. Este grupo era tratado comúnmente como la superfamilia Poduroidea. La forma de reconocerlos a simple vista es por la forma de su cuerpo.



Imagen 6: Poduromorpha, fuente: <http://www.infojardin.com>

El **orden (Symphypleona)** se caracteriza por poseer un abdomen globoso, debido a que los cuatro primeros segmentos abdominales están fusionados, siendo el cuerpo subglobular no alargado y deprimido lateralmente. La cabeza está claramente definida y es hipognata, las antenas pueden ser largas o cortas.



Imagen 7: Symphypleona, fuente: www.naturalista.mx/taxa

Por ser organismos típicos de la superficie del suelo, tanto los ácaros como los colémbolos están expuestos a la presencia de las sustancias tóxicas que llegan al suelo, tales como pesticidas o metales pesados. Esto ha hecho que se los utilice como buenos indicadores de contaminación del aire y del suelo. También la recuperación de la biota del suelo después de un disturbio importante (un incendio por ejemplo) ha sido monitoreada a través de la composición específica de estos grupos (Momo *et al*, 2003).

3.2. Generalidades de macrofauna

3.2.1. Concepto de macrofauna

Son microorganismos que tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm y que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes. Su modo de vida, sus hábitos

de alimentación, sus movimientos en el suelo, sus excreciones y su muerte tiene impactos directos e indirectos en su hábitat. Las actividades biológicas de la macrofauna del suelo regulan los procesos del suelo y la fertilidad del suelo a un grado significativo.

Operan en escalas de tiempo y espacio más amplias que los individuos más pequeños. La mayoría se caracteriza por tener ciclo biológico largo (un año o más), baja tasa reproductiva, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión.

Desde el punto de vista de la alimentación incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores (Brown *et al*, 2001).

3.2.2. Clasificación de la macrofauna

1. Lombrices de tierra: Phylum: Annelida, Clase: Clitellata, Subclase: Oligochaeta, Orden: Haplotaxida.

Gusanos segmentados, cilíndricos, de textura blanda y húmeda. En los segmentos anteriores o parte anterior del cuerpo está situada la boca e internamente las estructuras de los sistemas nervioso, circulatorio y reproductivo.

Desde el punto de vista funcional, son considerados ingenieros del ecosistema ya que su acción fundamental es la transformación de las propiedades físicas del suelo (regulan la compactación, la porosidad, las condiciones hídricas y la macroagregación).



Imagen 8: Lombriz de tierra de la Familia Glossoscolecidae, fuente: <https://biologia.laguia2000.com>

2. Arañas: Phylum: Arthropoda, Clase: Arachnida, Orden: Araneae.

Las arañas tienen el cuerpo dividido en dos regiones: anteriormente, el cefalotórax y posteriormente, el abdomen. Son depredadores y las principales presas son los insectos, tales como las larvas de moscas, escarabajos adultos y en estado larval, polillas pequeñas, así como cochinillas y termitas. Habitan la hojarasca y las grietas de la superficie del suelo, bajo piedras, cortezas de troncos; y pueden vivir en los nidos de termitas y hormigas, sobre todo los falsos escorpiones. Las arañas producen seda, llamada telaraña y algunas la usan para cazar a sus presas, otras arañas son cazadoras activas. Las arañas pueden indicar la calidad del hábitat ya que requieren de recursos alimenticios y de refugio disponibles en el ecosistema.

3. Insectos

Todos los insectos tienen el cuerpo dividido en 3 partes: cabeza, tórax y abdomen, y varían tanto en tamaño como en coloración. En la cabeza se destaca la presencia de dos ojos compuestos, dos antenas y las piezas bucales; las antenas y piezas bucales de forma variable para cada insecto.

Se dividen en:

3.1. Cucarachas: Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Dictyoptera.

Son insectos aplanados y de forma ovalada. Tienen la cabeza pequeña y triangular, de la que parten un par de antenas muy largas. Poseen piezas bucales masticadoras muy desarrolladas. Pueden tener, o no, alas e incluso las especies aladas no siempre vuelan. Son animales que tienen patas largas y espinosas, de ágiles movimientos. En el suelo habitan tanto formas inmaduras o ninfas, como adultos.



Imagen 9: Cucaracha de la Familia Blaberidae, Especie: *Pycnoscelus surinamensis*, fuente: <https://sp.depositphotos.com>

Las cucarachas consumen con mayor frecuencia todo tipo de material muerto, ya sea de origen animal o vegetal (omnívoros y detritívoros). Algunas pueden consumir material vegetal vivo (herbívoros). Son de actividad nocturna fundamentalmente y se encuentran en un amplio rango de ecosistemas, desde áreas silvestres hasta cultivadas como por ejemplo, los sistemas agrícolas.

3.2. Escarabajos: Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Coleóptera

Los escarabajos, ya sean en estado larval o adulto, tienen una gran variedad de formas, tamaños y sitios de refugio y alimentación. Esta diversidad de hábitats es un reflejo de las diferentes dietas que poseen, por lo que podemos encontrar familias detritívoras, herbívoras y depredadoras. Entre las familias de escarabajos más comunes en el



Imagen 10: Escarabajo de la Familia Scarabaeidae, fuente: <http://www.ecoregistros.org>

suelo se pueden mencionar a: Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae, Tenebrionidae, Carabidae y Staphylinidae. Generalmente Elateridae y Scarabaeidae se encuentran en forma larval, y el resto de las familias, en estado adulto.

Las familias Elateridae, Scarabaeidae, Curculionidae y Chrysomelidae son fundamentalmente herbívoras, ya sea de hojas, tallos o raíces.

3.3. Chinchas, salta hojas y pulgones:

Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Hemiptera

Todos los integrantes de Hemiptera, que habitan en el suelo, tienen hábito herbívoro pues atacan raíces u hojas. Se pueden encontrar en la hojarasca, dentro del suelo, debajo de la corteza de árboles caídos y en todo tipo de ecosistemas naturales o antropizados.



Imagen 11: Chinche de la Familia Largidae, fuente: <https://elp.tamu.edu>

Sus poblaciones son susceptibles a la aplicación de plaguicidas.

3.4. Hormigas: Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Hymenoptera, Familia: Formicidae

Son insectos de comportamiento gregario, parientes de las avispas y las abejas. Sus nidos pueden ser simples o altamente complejos, formados en la superficie o en el interior del suelo, para lo cual remueven los diferentes estratos de este medio, contribuyendo así a la dinámica de descomposición y mineralización de la materia orgánica.



Imagen 12: Hormiga de la Familia Formicidae, fuente: <https://macroinstantes.blogspot.com>

De esta manera, también crean sitios de refugio y alimentación para otros organismos descomponedores. Al igual que las lombrices de tierra, su acción fundamental es como ingenieros del suelo en la modificación de su estructura física.

3.5. Termitas o comejenes: Phylum: Arthropoda, Clase Insecta, Orden: Isoptera

Las termitas, como las hormigas, son insectos sociales, formadores de colonias donde conviven las diferentes castas. Las termitas o comejenes se reconocen por su acción de agentes biológicos que atacan la madera, por lo que se les considera plagas urbanas y forestales; pero también intervienen en la descomposición de la materia orgánica, como organismos detritívoros de los ecosistemas tropicales. Se pueden encontrar en hojarasca, troncos caídos en descomposición, formando nidos en la superficie e interior del suelo y afectando árboles vivos.



Imagen 13: Termitas de la Familia Termitidae, fuente: <http://micuadernoforestal.blogspot.com>

Para la construcción de los nidos transportan grandes cantidades de material orgánico, lo que contribuye significativamente al reciclaje de nutrientes y aumenta la actividad microbiológica del suelo. Con su función ecológica, influyen también en la porosidad, aireación y drenaje del suelo, lo que las asemeja a las lombrices y las hormigas como ingenieros del ecosistema. Son susceptibles a la degradación de los hábitats.

3.6. Mariposas, polillas y orugas: Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Lepidoptera



Imagen 14: Oruga de la Familia Tineidae, fuente: <http://aesgsf.free.fr>

En el suelo se pueden encontraren estado adulto a las polillas, que al contrario de las mariposas no tienen colores vistosos y su actividad es fundamentalmente nocturna. También es muy común encontrar orugas, que constituyen la fase larval de los lepidópteros. Las mariposas y polillas son distintivas por la presencia de escamas en todo el cuerpo, y por tener boca en forma de trompa enrollada que permite chupar el

néctar de las flores. Las orugas, por su parte, tienen forma de gusano, a veces envueltas en una seda, con la cabeza y los tres pares de patas diferenciados, y con unas estructuras proyectadas o abultadas hacia el final del cuerpo, consideradas falsas patas. Las orugas son fáciles de encontrar en profundas cámaras o galerías, en pastizales y otros sistemas; además, tienen hábitos herbívoros pues se alimentan de las hojas de las plantas.

3.7. Grillos y saltamontes:

Phylum: Arthropoda, Clase: Insecta, Orden: Orthoptera



Imagen 15: Orthoptera Familia: Acrididae, fuente: <http://www.fotofauna.org>

Los ortópteros representados principalmente por los grillos, tienen un aparato bucal masticador y se distinguen porque la región anterior o fémur del tercer par de patas está engrosado, lo que facilita el salto de estos insectos. Poseen también antenas muy largas, que pueden llegar a tener una longitud que representa el doble de sus cuerpos. Son herbívoros, comunes en áreas con vegetación rastrera, de gramíneas y leguminosas forrajeras. Tanto las ninfas como los adultos son eficientes cavadores, que abren galerías en el suelo donde permanecen durante el día. En la noche salen a la superficie en busca del alimento.

3.3. Importancia de los organismos que habitan en el suelo

Para producir el horizonte A (Imagen 16), que es un suelo fértil, se requiere de la actividad de los animales excavadores, como las lombrices, hormigas y termitas que contribuyen a un rápido contacto y mezcla de los compuestos húmicos o materia orgánica descompuesta con la materia mineral (Burges *et al*, 1971). La materia orgánica que se descompone y produce humus está formada por:

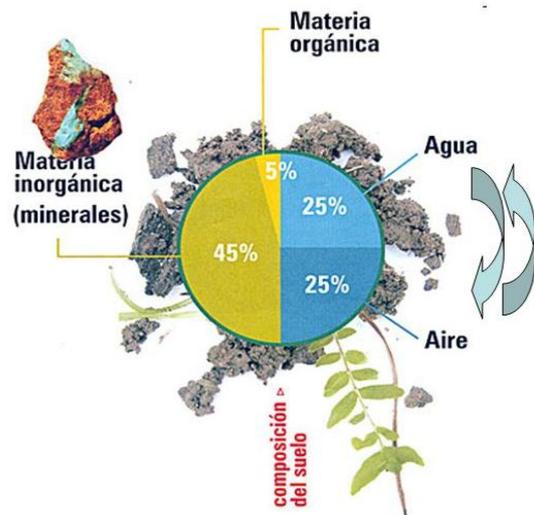


Imagen 16: Composición en porcentaje de un suelo maduro, que representa al Horizonte A, fuente: <http://slideplayer.es>

- 1) Fragmentos vegetales; hojas, tallos, raíces, madera, cortezas, semillas, polen, en descomposición.
- 2) Exudados de raíces y exudados de plantas y de animales por encima del suelo.
- 3) Excrementos y excretas (mucosa, mucílagos) de las lombrices y otros animales, incluyendo artrópodos (macrofauna y mesofauna), animales muertos y muchos otros microorganismos, como hongos y bacterias.

El humus es rico en nutrientes por su alto contenido de materia orgánica y presenta un color negro debido a la gran cantidad de carbono.

Es importante mencionar que al actuar los organismos como agentes conductores en los ciclos de nutrientes: regulan las dinámicas de la materia orgánica del suelo, la fijación del carbono del mismo y las emisiones de gases invernadero; modifican la estructura física del suelo y los regímenes del agua; aumentando la cantidad y la eficiencia en la absorción de nutrientes por la vegetación; y mejorando la salud de las plantas. Estos servicios no son sólo esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas naturales sino que también constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (Thompson *et al*, 2002).

La biocenosis edáfica está constituida en su mayoría por microorganismos, bacterias, algas, protozoarios y hongos, en segundo término por la mesofauna, artrópodos y nematodos principalmente, y por último, por la macrofauna, como es el caso de los lumbrícos (García *et al*, 2004). Como

podemos ver en la (Imagen 16), el flujo de energía en el ecosistema, está dado por las relaciones de todos los organismos del suelo que se enlazan en complejas redes tróficas cuyo eslabón inicial y que contiene mayor energía, es la materia orgánica, que proviene de los restos de plantas y animales que forman el matillo. Este depósito orgánico es utilizado por las cadenas tróficas de los descomponedores para mantener el flujo de nutrientes en el ecosistema (García, 2005).

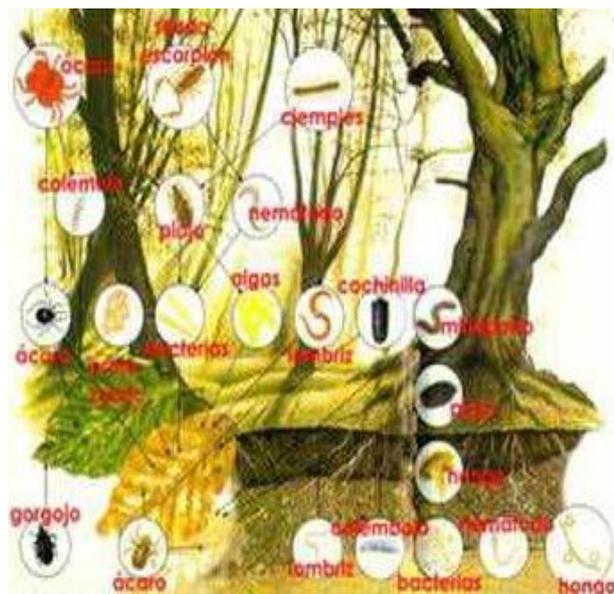


Imagen 17: Cadenas tróficas de los microorganismos, de la macro y mesofauna habitantes del suelo, fuente: <https://biologiadelosueloscsudea20132.wordpress.c>

En esta red trófica (Imagen 17), encontramos a los organismos descomponedores como son las lombrices, colémbolos muchas especies de ácaros, milpiés, etc., pero también encontramos organismos depredadores, como por ejemplo pseudoescorpiones, arañas y algunas especies de ácaros que regulan los tamaños de las poblaciones de sus presas, influyendo en la velocidad de flujo de energía de esta gran red trófica (García, 2005).

3.6. Conceptos básicos

3.6.1. Materia orgánica

Son todos los residuos de origen vegetal y animal; la principal fuente de ella son los residuos vegetales, los cuales aportan energía y alimento a los organismos del suelo, al tiempo que son la materia prima para la formación de los coloides orgánicos (humus) que se acumulan en el suelo (Jaramillo, 2002).

3.6.2. Sistema convencional

La agricultura convencional es un sistema productivo de carácter artificial, basado en el consumo de determinados insumos considerados externos, como es el caso de la energía fósil, herbicidas y pesticidas, abonos químicos que sean sintéticos, etc.

3.6.3. Sistema de conservación

La agricultura de conservación es un sistema de producción agrícola sostenible que comprende un conjunto de prácticas agronómicas adaptadas a las exigencias del cultivo y a las condiciones locales de cada región, cuyas técnicas de producción y de manejo de suelo, lo protegen de su erosión y degradación, mejoran su calidad y biodiversidad, contribuyen a la preservación de los recursos naturales, agua y aire, siempre sin menoscabo de los niveles de producción de las explotaciones.

Las prácticas agronómicas englobadas en los sistemas de agricultura de conservación se fundamentan en los principios de mínima alteración del suelo, cobertura permanente del terreno, ya sea con una cubierta viva o una cubierta inerte, y realización de rotaciones de especies en explotaciones de cultivos anuales, aconsejable en la mayoría de los casos.

3.6.4. Sistema de bosque

Según la FAO (2001) define el bosque como: Área densamente grande poblada por árboles, aunque otras literaturas lo definen que es mucho más que un conjunto de árboles, donde se relaciona estrechamente interrelacionada con los seres vivos, tanto animales como plantas, que varían en tamaño desde los microorganismos.

IV. HIPÓTESIS

H_i: La diversidad y abundancia de macro y mesofauna es mayor en sistemas de agricultura de conservación y bosque en relación al sistema convencional.

H_o: La diversidad y abundancia de macro y mesofauna es igual en sistemas de agricultura de conservación y bosque en relación al sistema convencional.

H_i: La materia orgánica influye en la diversidad de macro y mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque.

H_o: La materia orgánica no influye en la diversidad de macro y mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

Tabla 1: Descripción de las condiciones edafoclimáticas de 2 fincas de los municipios de Condega y Estelí.

Áreas de investigación	Descripción de las condiciones edafoclimáticas
Condega-San Diego	Categoría de manejo: Condega, se encuentra ubicado a 185 Km del departamento de Estelí. Localizado entre las coordenadas 13° 16' 00" y 13° 27' 00" de latitud norte y entre los 86° 17' 00" y 86° 29' 00" de longitud oeste, 560.91 msnm. Con temperaturas promedio anuales de 24.6 ° C y rangos anuales de precipitación desde 800-900 mm. Se encuentran suelos con diferentes grados de evolución y desarrollo cuales varían desde suelos incipientes o suelos jóvenes (Entisoles), hasta suelos maduros (Molisoles, Alfisoles y Ultisoles) (CRIES e INETER, 1984, citado por López y Mercado, 1997).
Estelí- Estación experimental para el estudio del trópico seco "El Limón"	Categoría de manejo: La estación experimental para el estudio del trópico seco "El Limón", adscrita a la UNAN- Managua/ FAREM- Estelí, Nicaragua, se encuentra ubicada a 1.5 km al suroeste del municipio de Estelí. Situada entre las coordenadas (UTM 0568720x y 1443707y), a 890 m.s.n.m. Con rangos mensuales de temperatura desde 16 y 33°C y la precipitación media anual es de 804 mm. El suelo, es franco - arcilloso de color café amarillento con abundantes rocas blandas. (CRIES e INETER, 1984, citado por López y Mercado, 1997). Cabe destacar que La Estación Experimental se encuentra ubicada dentro de la zona de amortiguamiento del Área Protegida El Tisey- La Estanzuela (Peguero <i>et al</i> , 2011).

Imagen 19: Ubicación geográfica del área de estudio municipio de Condega

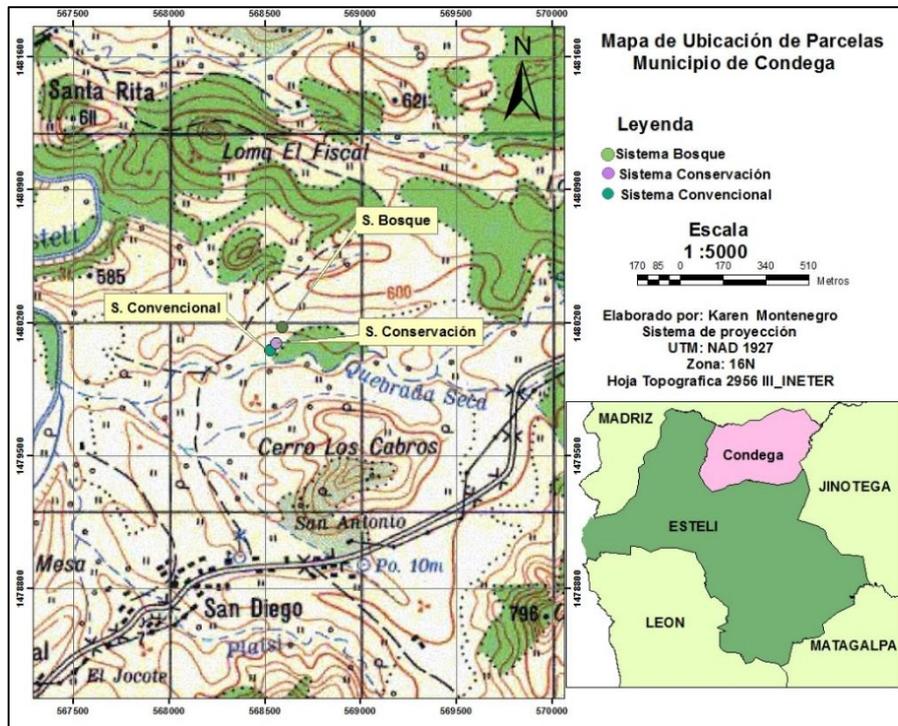
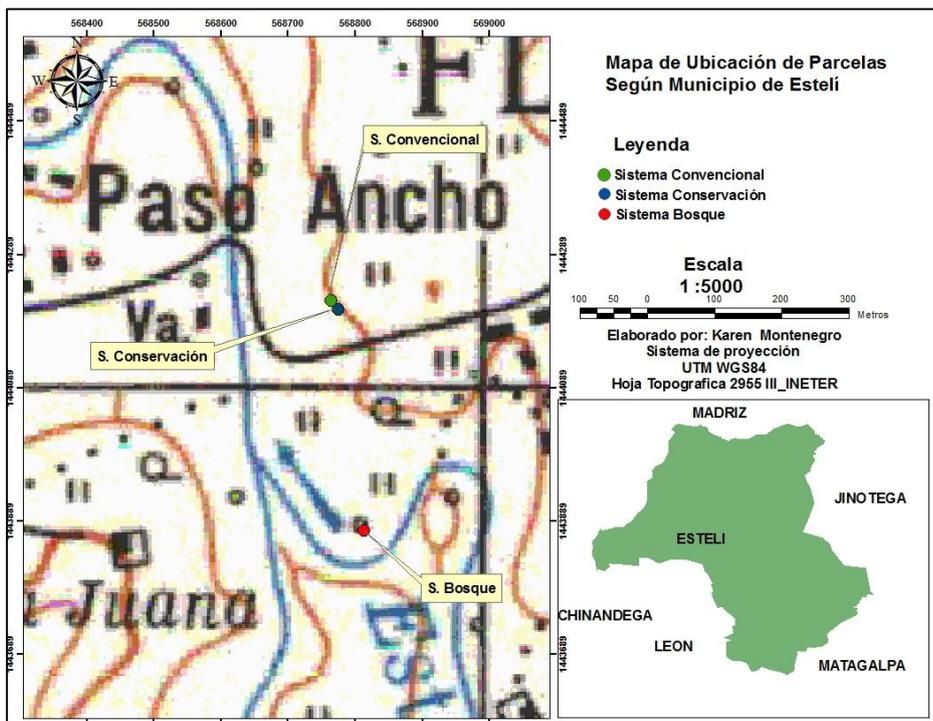


Imagen 19: Ubicación geográfica del área de estudio municipio de Estelí



5.2. Tipo de estudio

Según su enfoque filosófico es de tipo mixto (bimodal) porque el fenómeno objeto de estudio se cuantificó a través de variables de conteo (riqueza de especies, número de individuos, así como familias) y variable de medición (materia orgánica). Además, se describieron las características de las morfo especies. (Sampieri Hernandez & Collado Fernandez, 2003)

De acuerdo al tiempo en que se realizó la investigación, se clasifica de corte transversal porque las variables de objeto de estudio se midieron en un periodo de tiempo.

Esta investigación responde a la estrategia de la Protección de la Madre Tierra, Adaptación ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo ante Desastre, contenida en el Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua (PNDH, 2012- 2016). Además, se responde a la línea de investigación “Biodiversidad” de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) / Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) / Estación Experimental para el estudio del trópico seco “El Limón”.

5.3 Tipo de Muestreo

El tipo de muestreo es no probabilístico e intencionado, porque no se realizó con ninguna técnica al azar, sino a criterios previamente definidos, al contrario se seleccionaron por técnicas de condiciones de parcela ya presentadas: manejo convencional, manejo de restauración y bosque.

5.4. Determinación de población y muestra en parcela de restauración, bosque y convencional

5.4.1 Población o universo

Corresponde a las 175 parcelas contempladas en el proyecto ASA-CRS (Agua, Suelo y Agua/Catholic Relief Services), seleccionamos seis parcelas para realizar el estudio, donde se realizaron 3 réplicas por cada una para determinar la diversidad de macro y mesofauna, las cuales están ubicadas dentro de los municipios de Condega y Estelí.

5.4.2 Muestra

Se recolectaron 54 muestras de suelo con un monolito en dos municipios (Estelí y Condega), 27 muestras en cada municipio a diferentes profundidades

(0-10cm) (11-20cm) y (21-30cm), según gradiente altitudinal (parte alta, media y baja) de cada sistema.

5.5 Etapas generales del proceso de investigación.

El proyecto de investigación se desarrolló en el marco del convenio de colaboración interuniversitaria entre la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua / FAREM-Estelí) Estación Experimental para el estudio del trópico seco “El Limón” y Catholic Relief Services (CRS-Nicaragua).

La etapa de planificación consistió en la elaboración del protocolo a partir de un proyecto de investigación en marco de un Programa de Doctorado en Medio Ambiente de la UNAN-Managua, con parcelas de conservación (ASA) en coordinación con Catholic Relief Services (CRS).

5.5.1 Etapa de gabinete: Búsqueda de información y elaboración del protocolo de investigación.

Se consultarán fuentes de información secundarias relacionadas al fenómeno objeto de estudio tales como: libros, revistas científicas impresas y digitales. Estas fuentes permitieron la familiarización con el fenómeno de objeto de estudio (tema) la disponibilidad de diferentes recursos metodológicos, para la elaboración del marco teórico y la discusión de los resultados encontrados en el proceso de investigación.

En esta fase se diseñarán los instrumentos (matrices) de recolección de datos en campo.

5.5.2 Etapa de Campo: Esta etapa se describe según el orden de los objetivos específicos.

Inicialmente se realizó contacto con productores, para explicarle el objetivo de nuestro tema de tesis y el tiempo que se requería para el mismo, a fin de que nos facilitaran el acceso a sus parcelas para extraer las muestras de suelo.

Se delimitaron 6 parcelas de 1000 m² para cada uno de los sistemas: convencional, conservación y bosque en cada municipio; además se determinaron 3 puntos de muestreo distribuidos según un gradiente altitudinal en cada parcela (parte alta, parte media y parte baja), definiéndose 3 profundidades en cada punto de muestreo (0-10cm), (11-20cm), (21-30cm).

Se tomaron un total de 54 muestras a través de un monolito (nueve muestras por cada sistema de manejo), las cuales se depositaron en bolsas plásticas de 5 libras, para luego etiquetarlas con (fecha, municipio, tipo de sistema, profundidad, gradiente altitudinal) para ello se utilizó maskin tape y marcador permanente. Las muestras se colocaron en un termo con dimensiones de 58 cm de largo, 40cm de altura, ancho 34cm y profundidad de 30cm.

Para las muestras de materia orgánica se utilizó un cilindro con un volumen de 94.09 cm³, altura de 5.2cm y radio de 2.4cm. Las muestras se extrajeron a diferentes profundidades y en diferentes sitios de muestreos (parte alta, media y baja) de cada parcela.

5.5.3 Etapa de laboratorio

Cada muestra se sometió a la técnica de extracción Berlesse- Tullgren, este método fue descrito por Berlesse (1905) y luego fue modificado por Tullgren (1918) el cual le agregó el uso de una fuente de luz.

El mismo constó de un embudo sobre el cual se colocó un tamiz con un diámetro de malla de 3 mm. Sobre el tamiz se colocó un volumen de 150 cm³ de suelo, de forma invertida y ligeramente desagregada manualmente y sobre el conjunto se aplicó una fuente de luz de 40 W de intensidad a 40 cm de distancia durante 3 días. A medida que la muestra se fue secando, los ejemplares se concentran en la parte inferior de la misma y acaban cayendo a un colector (recipiente), completamente oscuro, situado en el extremo del embudo y que contiene alcohol al 70% como fijador y conservante.

La mayoría de los organismos del suelo son lucífugos (huyen de la luz) al tiempo que higrófilos (con afinidad por la humedad) por lo que resulta fácil extraerlos aplicándoles un gradiente creciente de luz y calor, el cual es el fundamento de este tipo de técnica.

Posteriormente se procedió al reconocimiento de los microorganismos utilizando un estereoscopio marca estéreo y con la colaboración de un especialista en taxonomía de la UNAN-Managua se clasificaron las morfo especies encontradas en cada sistema.

Se utilizaron los siguientes parámetros en cuanto a la identificación de macro y mesofauna:

- Número de individuos por sistema: Consistió en la colecta y conteo del número de espécimen encontrado en cada profundidad de muestreo, generando así un valor de abundancia por estrato.
- Número de individuos por sistema de manejo: Se refiere a la sumatoria de los individuos de la mesofauna colectados e identificados en todas las unidades de muestreo y estrato de muestreo.
- Diversidad por tipo de sistema de manejo: Se basa en el valor del índice de Shannon Wiener determinado en cada uno de los sistemas de manejo y permitirá sugerir la salud del suelo asociado a cada tipo de manejo. Complementariamente a la diversidad, se documentó mediante revisión el rol de los organismos y su potencial efecto sobre el suelo.

Las muestras fueron trasladadas a Laboratorio Químico de suelo y Agua (LAQUISA) que es un laboratorio especializado que ofrece los servicios de ensayos analíticos en suelo, muestras de alimentos, fertilizantes y agua.

Para determinar el porcentaje de materia orgánica en cada sistema de manejo se utilizó el método de Combustión húmeda, la técnica de Walkley Black con algunas modificaciones. El procedimiento consiste en pesaron 5 gramos de suelo seco al aire y pasado por un tamiz de 2 mm se coloca en un Erlenmeyer de 500 cc; Se le agregan 10 cc, de dicromato de potasio 1 N y 10 c.c, de ácido sulfúrico concentrado; se agita vigorosamente por 1 minuto y luego se deja en reposo por 1 hora. Seguidamente se adicionan 100 c.c. de agua destilada, 1 e. e. de difenil-amina y 5 e. e. de ácido fosfórico al 85%. Luego se titula el exceso de dicromato de potasio con sulfato ferroso 1 N. Se corre un blanco junto con las determinaciones.

5.5.4 Etapa de gabinete: Análisis estadístico y elaboración del informe final de investigación.

El supuesto de normalidad de los residuos de los datos de las variables de interés fue evaluado usando QQ-plot y la prueba de Shapiro-Wilks. Posteriormente se realizó ANAVA de los datos de macro y mesofauna, materia orgánica en el software estadístico InfoStat versión 2011, Di Rienzo *et al.* (2011). Como efectos aleatorios se declaró la localidad y como efectos fijos el sistema, la profundidad y la interacción sistema y profundidad.

Con los datos de mesofauna se realizó una curva de rarefacción con el fin de observar la diversidad de especies encontradas en los dos municipios usando el software EstimateS 9.1.0; sin embargo, con los datos de la diversidad de macrofauna se aplicó el índice de diversidad de Shannon Wiener donde expresa la uniformidad de sus valores de importancia a través de todas las especies. Además se utilizó Excel versión 2013, ArcGis versión 10.1.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Riqueza y abundancia de especies macrofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque

La riqueza taxonómica de macrofauna en los municipios de Estelí y Condega fue de 2 grandes grupos a nivel de clase para todos los sistemas en estudio, del reino animal phylum artrópoda, presentando mayor abundancia la clase Insecta con 10 órdenes identificadas (Blattodea, Coleoptera, Diptera, Hemipteras, Homopteras, Hymenoptera, Isóptera, Lepidoptera, Thysanoptera y Orthoptera) y 3, 641 individuos, seguido por la clase Arachnida con 2 órdenes y 24 individuos (Tabla 2).

De los sistemas en estudio la mayor abundancia de individuos en ambos municipios se registró en la clase Insecta en primer lugar, seguido de la clase Arachnida; dentro de la clase Insecta el orden dominante fue el de las Díptera; considerados detritívoros o descomponedores, obtienen su alimentación de detritos o materia orgánica en descomposición. Los detritívoros constituyen una parte importante de los ecosistemas porque contribuyen a la descomposición y al reciclado de los nutrientes. Frank Menzel, Octubre (2005)

La reproducción de una especie sin control ante la ausencia de un depredador puede alterar el equilibrio del ecosistema en cuestión. Con respecto a la clase de Arachnida el orden que tuvo mayor dominio fue Araneae, los cuales según su orden funcional son detritívoros (Socorrás *et al*, 2015).

En el municipio de Estelí el sistema bosque registró la mayor abundancia de individuos en general con 989 individuos y 12 grupos taxonómicos de macrofauna a nivel de orden, predominando el orden Diptera con 354 individuos, seguido por los órdenes Homopteras (164), Hymenoptera (152), Lepidopteras (107), Thysanoptera (43), Coleoptera(42), Hemipteras (19), Isóptera y Blattodea con 1 individuo respectivamente. No obstante, en el municipio de Condega el sistema convencional registró la mayor abundancia de individuos con 1666 individuos, el orden que predominó fue Hymenoptera con 574, seguido Diptera (561), Homopteras (231), Thysanoptera (91), Isóptera (48), Lepidopteras (47), Hemipteras (46), Blattodea (33), Coleoptera (26) y Orthoptera con 9 individuos respectivamente.

La abundancia de especies de macrofauna en el municipio de Estelí fue menor en el sistema de conservación, habiendo mayor abundancia de especies en el sistema de bosque y sistema convencional; mientras que en el municipio de Condega la abundancia de especie fue menor en el sistema bosque,

encontrando mayor abundancia en el sistema convencional y en el sistema de conservación (el total de órdenes representados en cada sistema, así como la abundancia se presenta en la tabla 2).

6.2 Riqueza y abundancia de especies mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque.

En cuanto a la riqueza taxonómica de mesofauna en los municipios de Estelí y Condega fue de 2 grandes grupos a nivel de clase para todos los sistemas en estudio, del reino animal phylum artrópoda, presentando mayor abundancia la clase collembola con 3 órdenes identificadas (Arthropleona, O Poduromorpha y Symphypleona) y 189 individuos, seguido por la clase ácaros con 3 órdenes y 152 individuos (Tabla 3).

De los sistemas en estudio la mayor abundancia de individuos en ambos municipios se registró en la clase collembola, seguido de la clase de ácaros; dentro de la clase collembola el orden que predominó fue el de las Poduromorpha; con respecto a la clase de ácaros el orden que tuvo mayor predominancia fue Cryptostigmata. Las dos clases anteriores son consideradas como detritívoros (descomponedores); una de las principales funciones es el reciclaje de los restos orgánicos (Socorrás et al, 2015).

En el municipio de Estelí el Sistema Bosque registró la mayor abundancia de individuos en general con 106 individuos y 6 grupos taxonómicos de mesofauna a nivel de orden, predominando el orden Cryptostigmata con 31 individuos, seguido por los órdenes Arthropleona (25), Poduromorpha (23), Mesotigmata (17), Prostigmata (8) y Symphypleona (2).

No obstante, en el municipio de Condega el Sistema de Conservación registró la mayor abundancia con 73 individuos, el orden que predominó fue Poduromorpha con 26, seguido Mesotigmata (20), Arthropleona (13), Cryptostigmata (9), Symphypleona (3) y Prostigmata (2) individuos respectivamente.

La abundancia de especies de mesofauna en el municipio de Estelí fue mayor en el sistema bosque, mientras que en el municipio de Condega fue en el sistema de conservación (el total de órdenes representados en cada sistema, así como la abundancia se presenta en la tabla 2). Sin embargo en el sistema de bosque del municipio de Condega, la abundancia es menor ya que el bosque anteriormente fue intervenido por el hombre como consecuencia una sucesión natural.

Los primeros reportes sobre el uso de los grupos que integran la mesofauna edáfica como indicadores biológicos a escala mundial fueron publicados por

(Hermosilla, Reza, Pujalte y Rubio Tomishop, 2014) al estudiar pastizales con diferentes grados de perturbación en América Latina. Estos autores encontraron que los oribátidos, los colémbolos, y los Prostigmatos presentaron densidades que estuvieron afectadas por el aumento de la compactación.

En otro estudio acerca de esta temática, (Aoki Usman, 2014) comprobó las características de las familias de oribátidos como bioindicadores, a través de su sensibilidad a los cambios ambientales producidos por los factores bióticos, abióticos y antrópicos; estas fueron clasificadas como insensibles, muy sensibles y grupos intermedios de sensibilidad.

Por otro lado, (Cortez, 2014) utilizó especies de colémbolos como indicadores de las variaciones ecológicas; y recientemente, debido al gran problema de la contaminación ambiental, se ha estudiado la presencia de este grupo en suelos contaminados y la posible utilización de su abundancia como medida para evaluar los efectos de los contaminantes del suelo.

Chantinollage, (2013) Afirmó que las comunidades de ácaros y colémbolos muestran cambios en su composición, debido a la influencia de las prácticas agrícolas, por lo que la presencia de un taxón o la combinación de taxones resultan efectivos como bioindicadores de los tratamientos con herbicidas.

En la década de los noventa se observó un avance en la evaluación de los ecosistemas a partir del comportamiento de los integrantes de la mesofauna edáfica. (Hermosilla, Reza, Pujalte y Rubio Tomishop, Aoki Usman, y Jaramillo, 2014) destacaron el papel de los oribátidos como indicadores biológicos de la humedad y del contenido de materia orgánica en los ecosistemas boscosos, así como en las plantaciones forestales y los agroecosistemas.

Por otra parte, Paoteli (2015) aplicaron la relación oribátidos/astigmatos, oribátidos/prostigmatos y astigmatos/mesostigmatos en cuatro usos del suelo con distintos sistemas productivos, para evaluar la conservación del medio edáfico; mientras que Cole, (2006) destacaron el posible papel de los colémbolos como bioindicadores en la reforestación, la potencialidad agrícola de los suelos y su intensidad de uso.

También en esta década, Arroyo, Iturrondobeitia, Caballero y González-Carcedo (2003) investigaron en nueve parcelas de cultivo con tratamientos diferentes en cuanto al tipo de fertilización o el manejo agrícola, y hallaron una disminución de los valores de densidad de oribátidos; al contrario de lo obtenido en un suelo no antropizado, donde se reportó a las familias Oppiidae (Oribatida) y Ascidae (Mesostigmata) como bioindicadores de bajos valores de metales pesados.

Al respecto esto nos indica que los diferentes nutrientes que son agregados al suelo de una u otra manera van a disminuir la cantidad de especies, por su poca abundancia en las poblaciones, considerando que el realizar investigaciones en suelos no antropizado habrá una mayor capacidad de contrarrestar los contaminantes químicos del suelo, y por ende habrá mayor riqueza de especies.

6.3 Diversidad de la macrofauna del suelo en sistemas de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco nicaragüense.

Lo que muestra el índice de Shannon es la riqueza específica, la riqueza específica promedio (gráfico 5) fue diferente entre sistemas para el municipio de Condega (el valor de $f= 48.2$; $p= 0.0002$) el sistema de conservación presento un índice promedio de riqueza específica 2.19 seguido por el sistema convencional 2.04 y el sistema que presento menor índice promedio de riqueza fue el bosque con 1.85.

En el municipio de Estelí no hay diferencia en la riqueza específica ($f= 0.72$; $p= 0.5238$) Gráfico 5.

De manera general se reportó una baja diversidad de familias de macrofauna según los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener, los que están por debajo de 3, lo que según Moreno (2001), indica una diversidad baja.

Estos bajos valores en la diversidad puede estar asociado a la historia de uso de suelo, así como al manejo que se realiza actualmente en cada uno de los sistemas, ya que anteriormente el área de bosque bajo estudio se ocupaba como potrero y el impacto del pastoreo reduce drásticamente las comunidades de macrofauna debido al efecto que ejerce el ganado con el pisoteo provocando la compactación, erosión y de gradación de los suelos, transformando así sus propiedades físicas y por tanto el hábitat de la macrofauna al no poder sobrevivir en suelos con estas características.

Otro factor asociado a los valores de diversidad a nivel de familia es la influencia de la cobertura vegetal desde el punto de vista cuantitativo que influye en las condiciones de humedad, temperatura y en las propiedades físicas y químicas del suelo que forman el hábitat de estos organismos edáficos.

Esto concuerda con una investigación que realizo Moron 2001, en donde menciona que el suelo que tiene una gran diversidad de macro y meso fauna es más susceptible a los cambios bruscos de temperatura, entonces un suelo que tiene una irregularidad de temperatura presentara una menor cantidad de organismos. En las estaciones encontramos diferentes grupos taxonómicos como son la Coleóptera (escarabajos), Gasteropoda (caracoles y babosas),

Oligochaeta (lombrices, enquitreidos), Diplopoda (milpiés), Acarina (oribátidos), y Collembola, todos ellos comparten una importante función en el suelo de acuerdo Vázquez (1999).

En relación a lo anterior, Vázquez (1999) reportó que al fragmentar la materia vegetal y al depositar sus heces fecales, estimulan la acción microbiana responsable del trabajo químico durante la descomposición de la hojarasca; sus actividades de horadación alteran la naturaleza física del suelo incrementando su porosidad, la capacidad de retención de agua influyendo en los procesos de trasportes de nutrientes. Estos grupos de taxones se encuentran en su apogeo principalmente en verano cuando hay una mayor humedad en el suelo.

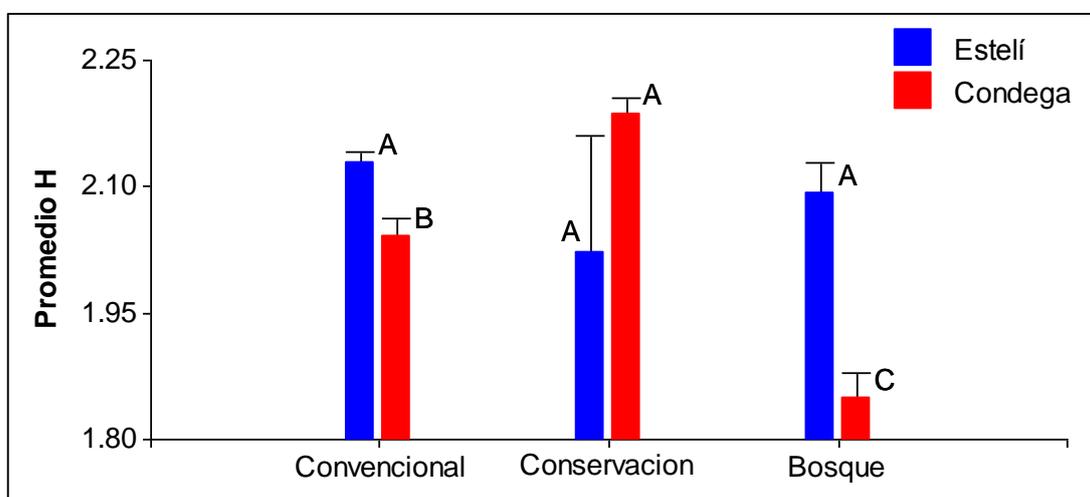


Gráfico 1: Diversidad de la macrofauna del suelo con base en el índice de Shannon-Wiener

6.4 Diversidad de mesofauna en sistemas de conservación, convencional y bosque en el norte del corredor seco de Nicaragua.

En el municipio de Condega los valores más altos de diversidad promedio fueron para sistema de conservación con 1.41, seguido por el sistema bosque con 1.28 y el sistema con menor diversidad promedio fue el sistema convencional con 1.27.

En el municipio de Estelí los valores más altos de diversidad fueron para sistema de conservación 1.67, seguido por el sistema bosque con 1.64 y el sistema con menor diversidad fue el sistema convencional con 1.33.

Estos resultados comprueban la hipótesis planteada para el estudio que la diversidad de mesofauna del suelo es mayor en el sistema de conservación y sistema bosque en relación al sistema convencional (Gráfico 1 y 2).

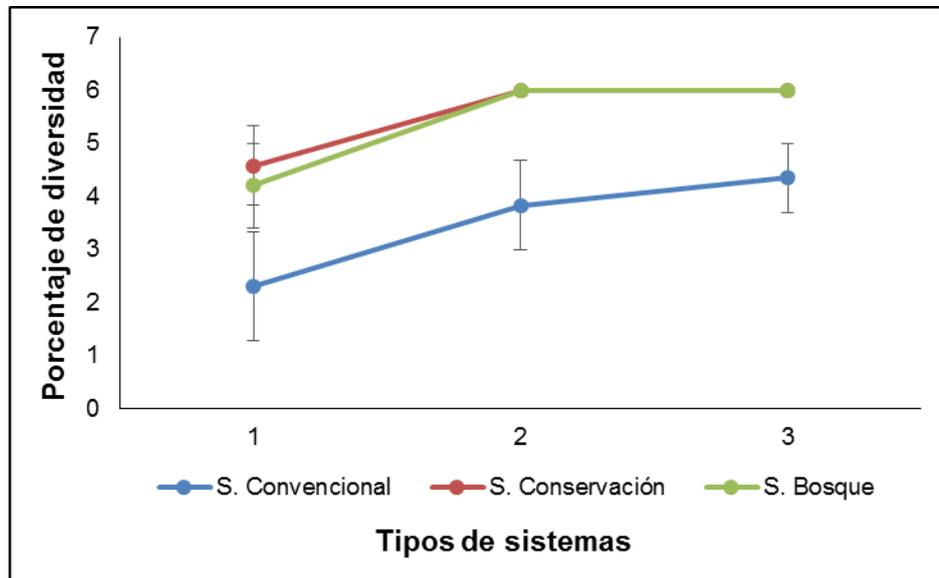


Gráfico 2: Curva de rarefacción: Diversidad de especies mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque en Estelí, 2017.

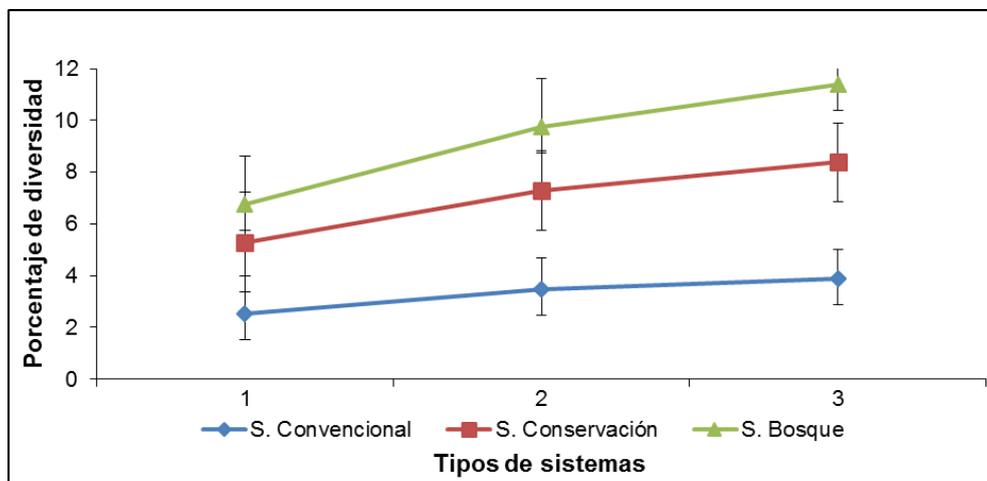


Gráfico 3: Curva de rarefacción: Diversidad de especies mesofauna en sistemas de agricultura de conservación, convencional y bosque en Condega, 2017.

En particular, la importancia de la mesofauna edáfica en un ecosistema radica en su diversidad estructural y funcional al contribuir, en interacción con la microflora, a la descomposición de la materia orgánica y al ciclo de nutrientes. Sus representantes han mostrado ser, además, indicadores excelentes de la calidad del suelo Paoteli, (2015).

Otro balance, planteado por Cortez, (2014) fue Oribatida/Prostigmata. Cuando los Prostigmatos grupo indicador de la aridez y la oligotrofia alcanzan la dominancia numérica con respecto a los Oribátidos, el grado de desequilibrio de las comunidades del suelo es irreversible.

Chantinollage, (2013) presentó la relación Acaro/Collembola, la cual es útil para determinar el grado de perturbación en las zonas afectadas. Cuando esta es favorable a los colémbolos, grupo indicador de la fertilidad y estabilidad del medio edáfico, se considera que el ecosistema está conservado y es estable; mientras que, si los más abundantes son los ácaros, habrá mayor regulación de poblaciones de hongos y microfauna.

Bedano, *et al* (2001), establecieron como efectiva la relación Astigmata y Mesostigmata para predecir la inestabilidad del medio edáfico. Si hay una fuerte presencia del grupo del numerador indicador de inestabilidad, se puede inferir que el medio está alterado e inestable.

6.5 Relación de la materia orgánica con la presencia de macro y mesofauna en sistemas de conservación, convencional y bosque.

Se denotan variaciones entre los valores de materia orgánica dependiendo de la profundidad y el tipo de sistema. Los análisis estadísticos reflejan que el error standard es menor que 5% lo cual confirma un diseño adecuado para el estudio.

En el municipio de Estelí, se encontró un efecto de la profundidad sobre el porcentaje de materia orgánica ($f=7.99$; $p=0.0033$), pero no hubo efecto de parcela ($f=2.45$; $p=0.1144$) (Gráfico 3).

En el municipio de Condega se encontró efecto en el sistema sobre el porcentaje de materia orgánica pero no hay efecto en la parcela. El sistema con menor porcentaje de materia orgánica fue el sistema convencional (1.54 ± 0.17), mientras el sistema de conservación (2.52 ± 2.58) no difirió del bosque (2.82 ± 0.58) (Gráfico 4).

Al respecto Chavarría (2011), indica que la materia orgánica por encima del 2 % está ligado a la estabilidad de los suelos, al tener un poder aglomerante, sobre todo las sustancias húmicas al unirse a la fracción mineral brindando permeabilidad al suelo, a la vez que le permite estabilidad, sin embargo, se encontraron resultados de niveles medios para las parcelas, lo que nos indica que hay ganancia del 1% de materia orgánica en tiempo de un año, lo que significa que si hay existencia más del 5% de Materia Orgánica será excelente, porque habrá mayor retención de nutrientes, microorganismos y mayor humedad.

Posiblemente, tendríamos no solo mayor fertilidad y demás beneficio para el suelo, sino también una mayor carga de carbono acumulado y suficientes nutrientes para las plantas. Según Hernán *et al.*, (2011) la materia orgánica (MO) es considerada un indicador de salud del mismo suelo, teniendo efectos positivos sobre la sostenibilidad del sistema productivo. Esto se debe a que tiene impactos directo sobre los parámetros físicos, químicos y biológicos, por tal razón los resultados son favorables para la diversidad de microorganismos existentes en los sistemas de Conservación y Bosque. Lo cual afirman Studdert *et al.*, (2015) que la MO está íntimamente relacionada con la capacidad del suelo de cumplir con sus funciones en el agroecosistema, tales como almacenar y proveer nutrientes, almacenar agua y permitir su circulación del aire, mantener una estructura estable y determina la capacidad del suelo de reorganizarse ante las alteraciones provocadas por el uso.

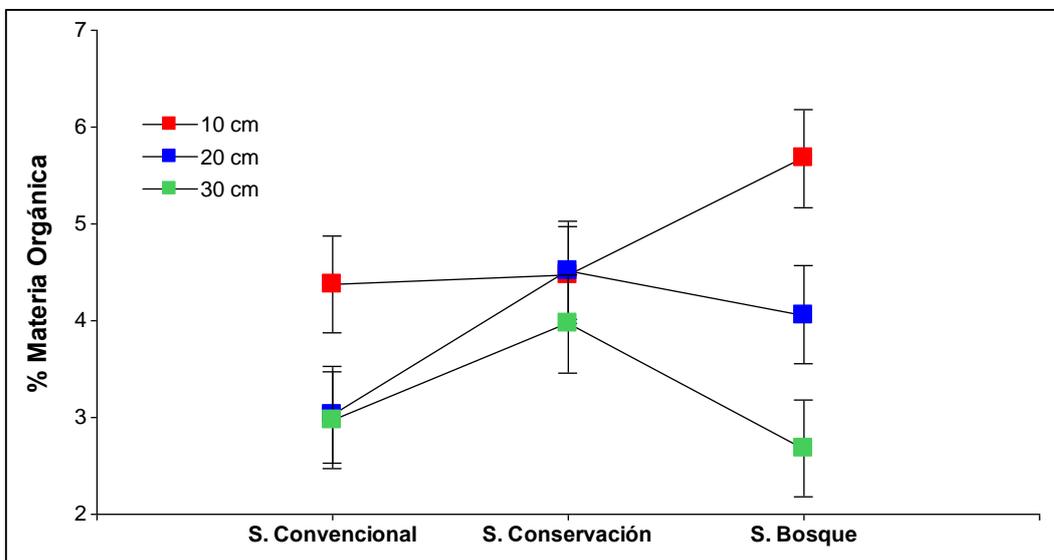


Gráfico 4: Porcentaje de materia en sistemas de conservación, convencional y bosque en Estelí, 2017.

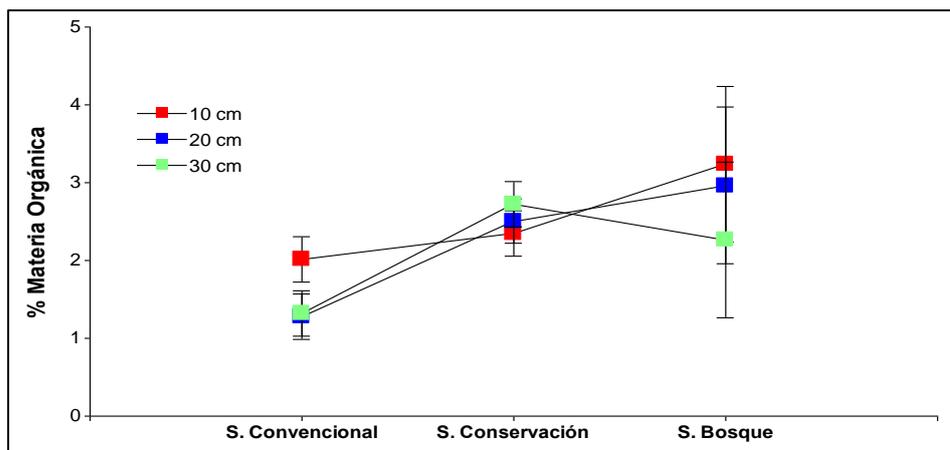


Gráfico 5: Porcentaje de materia en sistemas conservación, convencional y bosque en Condega, 2017.

VII. CONCLUSIONES

En el estudio se encontró una diversidad de macro y mesofauna de Órdenes muy similar en ambos sistemas. En macrofauna se identificaron dos clases (Insecta y Arachnida) y para mesofauna se identificaron 2 clases (Collembola y Ácaros).

En cuanto a la diversidad de macro y mesofauna del suelo el efecto entre sistemas es muy significativo porque hay ganancia de abundancia y riqueza en ambos municipios.

La relación que hay entre los sistemas de conservación en Estelí y Condega, es que hay ganancia de materia orgánica del 1%, habiendo presencia de organismos los cuales constituyen un efecto muy bueno en cuanto a la calidad de suelo.

VIII. RECOMENDACIONES

- Efectuar más estudios acerca del efecto de materia orgánica, sobre el repoblamiento de la macro y meso fauna edáfica, para poder debatir más acerca del tema y que estos sean con un tiempo más prolongado en su monitoreo para evaluar el cambio de la población, debido a que con el paso del tiempo los resultados varían.
- Motivar a estudiantes de la carrera Ingeniería Ambiental a la investigación de trabajos relacionados al tema como: Inmovilización de nutrientes (N-P) en parcelas de agricultura de conservación, así mismo funciones específicas de los órdenes de collembolos y ácaros, esto con el fin de puntualizar temática de materia orgánica y diversidad.
- Invitar a productores a realizar buen uso del suelo con aplicación de parcelas ASA, ya que el método es efectivo produciendo un suelo más fértil que será de beneficio para sus cosechas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Aoki Usman. (2014). Calidad Edáfica de Suelo. Lima: Publicaciones cuidemos nuestros Suelos.

Brown, G.; C. Fragoso; I. Barois; P. Rojas; J.C. Patrón; J. Bueno; A. Moreno; P. Lavelle; V. Ordaz y C. Rodríguez. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana, Número especial1: 79-110.

Burges, A. Y Raw, F. (1971). Biología del suelo. Ediciones OMEGA. Barcelona España. 589 pp.

Chantinollage, M. (2013). Indicadores de suelo. New York.

Cole, B. y. (25 de Marzo de 2006). Metales Pesados,. Argentina, pág. 5.

Cortez, A. (2014). Indicadores de la calidad del suelo. 5.

García, C. M. (1) (Compilador e Investigación). (2005). Cría de la lombriz de tierra; una alternativa ecológica rentable. Fundación Hogares Juveniles Campesinos-San Pablo Bogotá Colombia. 191 pp

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.

Guille Peguero, Oscar R. Lanuza, Robert Savé, Josep M. Espelta. (2011). Allelopathic potential of the Neotropical dry-forest tree *Acacia pennatula* Benth. Inhibition of seedling establishment exceeds facilitation under tree canopies.

Hermosilla, Reza, Pujalte y Rubio Tomishop. (2014). Indicadores Biológico. Conferencia cuidemos nuestros Suelos (pág. 3). San Jose, Costa Rica: Publicaciones Cuidemos Nuestros Suelos Costa Rica.

Jaramillo, D. F. (2002). Introducción a la ciencia del suelo. 619.

López L. y Mercado C., 1997. Caracterización ecológica de las especies vegetales utilizadas en el cultivo de café bajo sombra, en la finca La Lima, Condega, Estelí, 10-11 Pág.

Momo, F., & Falco, L. (2003). Mesofauna del suelo. Biología y ecología. 8.

Moran Mendoza, J. E., & Noguera Talavera, Á. (2015). Diversidad de Macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de Moringa oleífera Lam. (Marango) en finca Santa Rosa, UNA. 45.

Paoteli, a. (2015). Indicador de Mesostigmata. 5.

Peguero, G., Lanuza, O. R., Savé, R., & Espelta, J. M. (2011). Allelopathic potential of the Neotropical dry-forest tree *Acacia pennatula* Benth. Inhibition of seedling establishment exceeds facilitation under tree canopies.

Potocnik, J. (2010). Biodiversidad. Biodiversidad del suelo, 4.

Potter, CS & RE Meyer. 1990. The role of biodiversity in sustainable dryland farming systems. *Adv. Soil Sci.*13: 241-251.

Sampieri Hernández, R., & Collado Fernández, C. y. (2003). Metodología de La investigación. México: McGraw-Hill Interamericana D, F.

Socorrás, A., Cabrera, G., & Hernández, G. (2015). Fauna edáfica: Composición e importancia funcional en la conservación y mejoramiento de los suelos. Boyeros, La Habana, Cuba.

Solbrig, OT. 1997. Sembrando el futuro. Como desarrollar una agricultura para conservar la tierra y la comunidad. En: 5º Congreso Nacional de AAPPRESID, Mar del Plata.

Swift, M; O Heal; & J Anderson. 1979. The composition in Terrestrial Ecosystems. Blackwell Scientific, Oxford, UK. 373 p

Taboada, M.A.; Alvarez, C.R. 2008. Fertilidad física de los suelos.2da Ed. Editorial Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.

X. ANEXOS

Tabla 2: Detalle presupuesto de Programa ASA

Descripción	Socio	Unidad de Medida	Costo unitario C\$	Cantidad	Costo total C\$
Alcohol 70%	Estudiantes	Litros	60	8	480
Termos	CRS	Unidades	2500	2	5000
Sistema de bujías	FAREM	Unidades	2740	1	2740
Trasporte	FAREM	Unidad	4500	3	13500
Viáticos de alimentación	Estudiantes	Unidades	330	3	990
Sondas Metálicas	FAREM	Unidades	250	2	15000
Make Tape	Estudiantes	Unidad	30	2	60
Papel	FAREM	Unidad	1050	1	1050
Cartuchos de tinta	CRS		900	1	900
Materia orgánica	FAREM	Unidad	150	81	12150
Densidad aparente	FAREM	Unidad	240	81	19440
Identificación	Estudiantes	Días Hombres	300	3	7200
Cilindros	CRS		50	27	1350
Papel aluminio	CRS		30	6	180
Bolsas plásticas	CRS	Unidad	6	100	600
Total de Inversión					C\$ 74160

Tabla 3: Balance general, inversión de tesis

Programa Agricultura, Suelos y Agua (ASA) Resumen trabajos de investigación AF 2017

PRESUPUESTO	Aporte de entidad Social:	U\$ 2,038
	Aporte Estudiante:	U\$ 291
	Aporte programa ASA	U\$ 267.66
	Total	U\$ 2,596.66

Tabla 4: Cronograma de Actividades

Etapa	Tarea	Responsables	Meses (2017)				
			3	4	5	6	7
Etapa I	T1. Gira exploratoria al área de estudio.	Estudiantes.					
Etapa II	T2. Elaboración del protocolo de investigación.	Estudiantes y docentes.					
Etapa III	T3. Recolección de datos cuantitativos y cualitativos	Estudiantes.					
Etapa IV	T4. Análisis estadístico.	Estudiantes y docentes.					
Etapa V	T5. Elaboración del informe final de investigación	Estudiantes y docentes.					
Etapa VI	T6. Divulgación de resultados a CRS y universidad.	Estudiantes.					

Clase	Orden	Estelí			Condega		
		S. Convencional	S. Conservación	S. Bosque	S. Convencional	S. Conservación	S. Bosque
		Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia	Abundancia
Arachnida	Araneae	1	0	0	0	15	7
Arachnida	Ixodida	0	0	0	0	0	1
Abundancia por municipio		1			23		
Abundancia total		24					
Insecta	Blattodea	0	0	1	33	29	11
Insecta	Coleoptera	34	12	43	26	23	33
Insecta	Diptera	134	118	354	561	481	269
Insecta	Hemipteras	25	15	42	46	79	10
Insecta	Homopteras	35	22	164	231	151	11
Insecta	Hymenoptera	73	54	152	574	455	109
Insecta	Isóptera	11	4	19	48	73	1
Insecta	Lepidopteras	26	36	107	47	59	20
Insecta	Thysanoptera	82	14	107	91	72	7
Insecta	Orthoptera	0	0	0	9	6	6
Abundancia por sistema		421	275	989	1666	1443	485
Abundancia por municipio		1686			3641		
Abundancia total		5327					

Tabla 5: Macrofauna por sistema de los municipios Estelí y Condega, Nicaragua 2017.

Clase	Orden	Estelí			Condega		
		S. Convencional Abundancia	S. Conservación Abundancia	S. Bosque Abundancia	S. Convencional Abundancia	S. Conservación Abundancia	S. Bosque Abundancia
Collembola	Arthropleona	1	7	25	6	13	5
	Symphyleona	2	3	2	8	3	1
	Poduromorpha	11	20	23	30	26	3
Abundancia por municipio				94			95
Abundancia total							189
Ácaros	Cryptostigmata	5	10	31	23	9	1
	Mesostigmata	5	5	17	4	20	6
	Prostigmata	0	6	8	0	2	0
Abundancia general por sistema		24	51	106	71	73	16
Abundancia por municipio				87			65
Abundancia total							152

Tabla 6: Mesofauna por sistema de los municipios Estelí y Condega, Nicaragua 2017.



Fotografía 1: Monolito, extracción de suelo por parcela. Fuente: Tomada por Karolina Corrales



Fotografía 2: etiquetado de muestras por parcelas, para ubicar en el Sistema Berlesse- Tullgren.



Fotografía 4: Sistema Berlesse- Tullgren, ubicación de muestras de suelo para realizar la extracción de los artrópodos.



Fotografía 3: Funcionamiento del Sistema Berlesse- Tullgren, para realizar la extracción de los artrópodos. Tomada por: Isaac Talavera



Fotografía 5: Extracción de los artrópodos, del sistema Berlesse-Tullgren, en vasos de muestras para ser llevadas a laboratorio. Fuente: Tomada por Isaac Talavera



Fotografía 6: Extracción de los artrópodos, del sistema Berlesse-Tullgren, en vasos de muestras para ser llevadas a laboratorio. Fuente: Tomada por Isaac Talavera



Fotografía 7: Identificación de los artrópodos. Fuente: Tomada Por Karen Montenegro



Fotografía 8: Genero Tisanópteros Fuente: Tomada Por Karen Montenegro



Fotografía 9: Genero *Collembola* Familia: *O. Arthropleona*, *Poduromorpha*, *O. Symphypleona* Fuente: Tomada Por *Karolina Corrales*



Fotografía 10: Genero *Collembola*. Familia: *O. Arthropleona* Fuente: Tomada Por *Karolina Corrales*