

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

María K. Corrales Flores, Karen J. Montenegro Cárdenas, Isaac A. Talavera Zamora.

(cmariakarolina@mail.com, kajumontenegro90@gmail.com, isaactalavera29@gmail.com)

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua)/Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí).

Seminario de Graduación. MsC. Kenny López Benavidez.

RESUMEN

Se presenta un estudio de diversidad de macro y mesofauna realizado en el I semestre del 2017 en los municipios de Estelí y Condega del departamento de Estelí.

Se extrajeron muestras a través de un monolito, obteniendo una muestra compuesta por cada Sistema Conservación, Sistema Convencional, Sistema Bosque; la variable de suelo considerada para el estudio fue: Materia orgánica (MO). Se utilizó el método propuesto por Berlesse – Tüllgreen, que consiste en extracción por embudo para separar los artrópodos. 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.

De acuerdo con los resultados 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.

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

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).

El objetivo del presente artículo científico es 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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La investigación se llevó a cabo en dos municipios del departamento de Estelí, en el municipio de Condega- San Diego ubicado a 185 Km del municipio 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).

A 1.5 km al suroeste del municipio de Estelí, se encuentra ubicada la estación experimental para el estudio del trópico seco "El Limón", adscrita a la UNAN- Managua/ FAREM- Estelí, Nicaragua, se encuentra 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 *et al*, 2011).

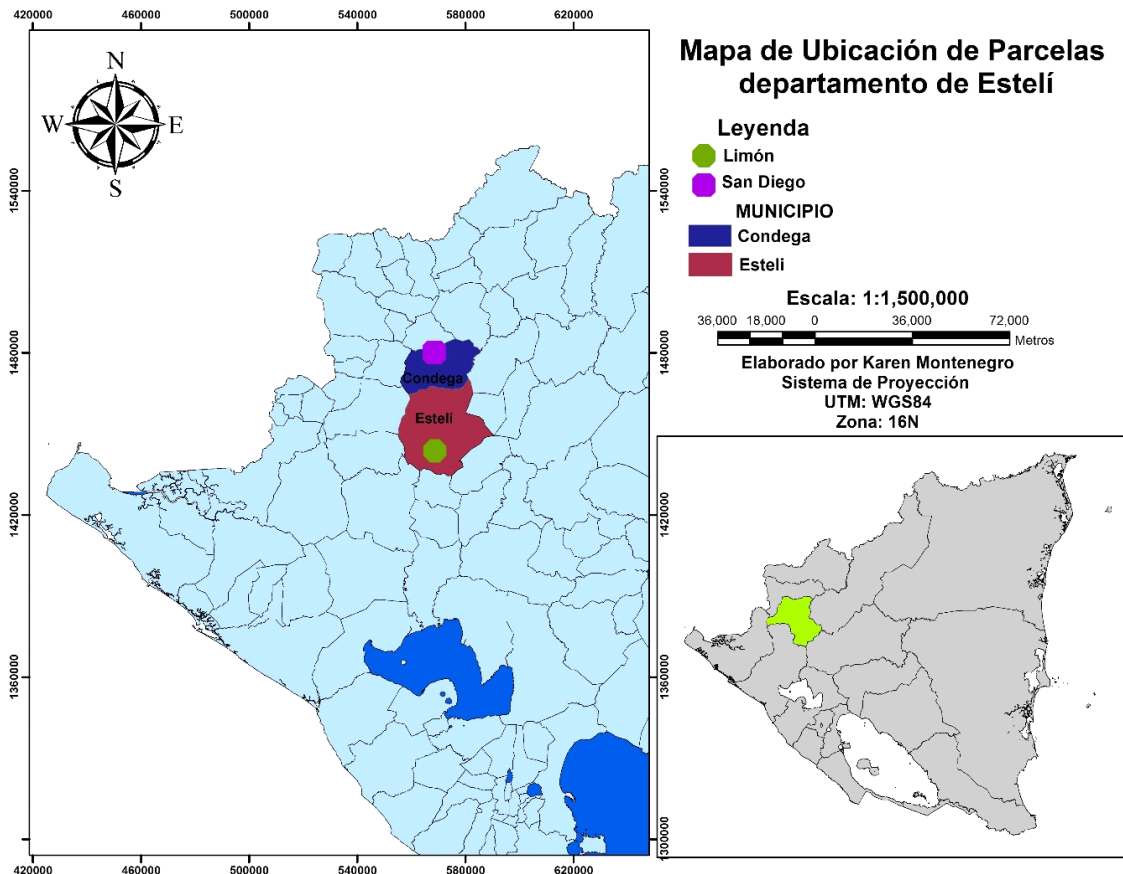


Figura 1: Localización del área de estudio

Etapas del proceso de investigación

Etapas de Campo: Se delimitaron 6 parcelas de 1000 m² (35m*58m) 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.

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 75 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 higrofilos (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.

Análisis estadístico: 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.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

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 1).

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).

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

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					

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 2).

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 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, 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, 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.

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 presentó un índice promedio de riqueza específica 2.19 seguido por el sistema convencional 2.04 y el sistema que presentó 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.

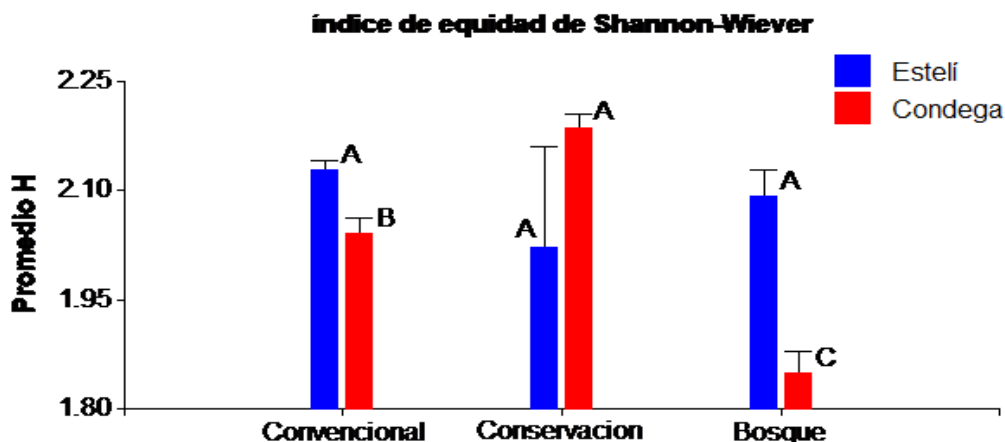
Estos bajos valores en la diversidad puede estar asociado a la historia de uso de suelo, así como al manejo que se realiza actualmente en cada uno de los sistemas, ya que anteriormente el área de bosque bajo estudio se ocupaba como potrero y el impacto del pastoreo reduce drásticamente las comunidades 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 realizó 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) reporto 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.



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).

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.

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

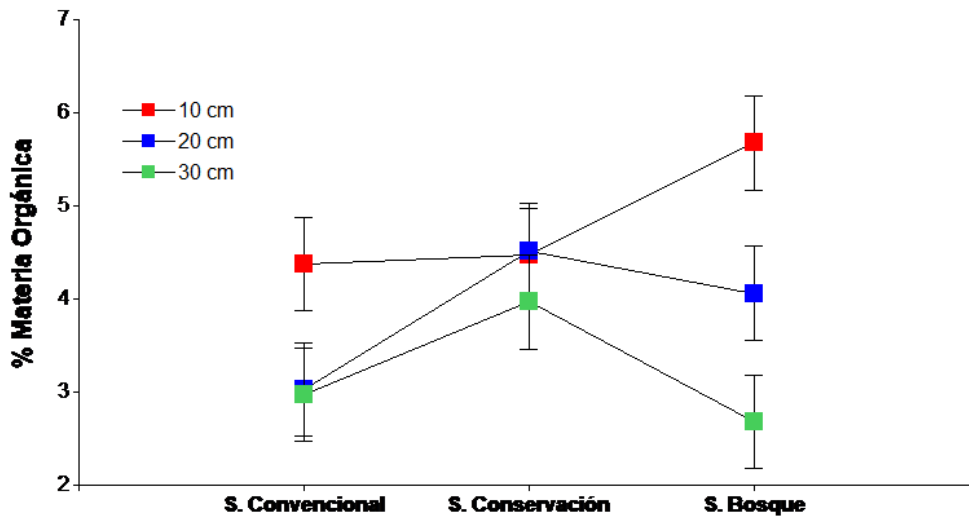
Se denotan variaciones entre los valores de materia orgánica dependiendo de la profundidad y el tipo de sistema. Los análisis estadísticos reflejan que el error standard es menor que 5% lo cual confirma un diseño adecuado para el estudio.

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.



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.

AGRADECIMIENTOS

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.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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