



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
FORESTAL**

**Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de
Moringa oleifera Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA.**

Autores

Br. Jefry Eliezer Moran Mendoza

Br. Freddy René Alfaro Gutiérrez

Asesores

Msc. Martha Miriam Salgado

Ing. Álvaro Noguera Talavera

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2015**



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DE AMBIENTE

**TRABAJO DE GRADUACION PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO
FORESTAL**

**Diversidad de Macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de
Moringa oleifera Lam. (Marango) en finca Santa Rosa, UNA.**

Autores

Br. Jefry Eliezer Moran Mendoza

Br. Freddy René Alfaro Gutiérrez

Asesores

Msc. Martha Miriam Salgado

Ing. Álvaro Noguera Talavera

Managua, Nicaragua

Septiembre, 2015



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

**Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable
tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de
Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al
título de Ingeniero Forestal**

Presidente
Dr. Bryan Mendieta Araica

Secretaria
Msc. Lucia Romero

Vocal
Lic. MSc. Miguel Garmendia Z.

Managua, Nicaragua
Septiembre 2015

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINAS
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo generales.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3.1. Descripción del área de estudio.....	4
3.1.1. Clima.....	4
3.1.2. Suelo.....	5
3.1.3 Vegetación.....	5
3.1.4 Topografía.....	5
3.2. Diseño metodológico.....	5
3.2.1. Descripción de los sistemas monitoreados.....	6
Manejo con enfoque convencional.....	6
Manejo con enfoque agroecológico.....	6
3.3. Mediciones de campo.....	7
3.3.1. Muestreo y recolecta de macrofauna	7
3.3.2. Parámetros que se utilizaron en la colecta de macrofauna.....	8
3.4. Procedimientos para la identificación a nivel de laboratorio de especímenes recolectados en campo.....	9
3.5. Descripción del rol de la macrofauna.....	10
3.6. Análisis de datos.....	10
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11

4.1. Análisis de la abundancia de la macrofauna.....	11
4.1.1 Abundancia de individuos por sistema de manejo.....	11
4.1.2. Abundancia de macrofauna por profundidad de muestreo.....	12
4.1.3. Abundancia por sistema de manejo y estrato o profundidad de muestre	13
4.2.Diversidad de la macrofauna del suelo con base en el índice de Shannon- Wiener.....	14
4.2.1. Diversidad de macrofauna estimada por profundidad y sistema de manejo.....	15
4.3. Taxonomía de la macrofauna registrada en el estudio.....	17
4.4. Clases registradas en el estudio.....	18
4.4.1. Clases registradas en el manejo agroecológico por profundidad de muestreo.....	18
4.4.2. Clases registradas en el manejo convencional y profundidad de muestreo.....	19
4.5. Ordenes de macrofauna identificados en el estudio.....	21
4.6. Riqueza y diversidad de familias registradas.....	23
4.6.1. Familia Termidae.....	24
4.6.2. Familia Formicidae.....	25
4.7. Salud del suelo en relación a las funciones que desempeñan la biota edáfica.....	27
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
VI LITERATURA CITADA.....	31

DEDICATORIA

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 Juana Paula Mendoza y Germán Morán quienes 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, todo esto con la ayuda del Señor.

A mis hermanas Fanny Edelma Morán y Mariela Vanessa Morán por ser quienes me han brindado su apoyo económico incondicionalmente y me han brindado consejos para seguir adelante y terminar mis estudios.

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. Jefry Moran

DEDICATORIA

Este trabajo que sea realizado con mucho esfuerzo se lo dedico primeramente a Dios ya que él es quien nos da el conocimiento, la sabiduría, la comprensión de nuestros actos, la vida y es el único que está en todo momento con nosotros, él es nuestra fortaleza para seguir adelante, a él debemos nuestras gracia porque siempre estuvo como escudo protector en cada momento que pasaba.

Este trabajo investigativo está dedicado con mucho aprecio a mis padres: René Alfaro Reyes y Cecilia Bemilda Gutiérrez que siempre me han brindado su apoyo, me han comunicado sus buenos valores, siempre me supieron educar para alcanzar mis metas y por su apoyo incondicional que siempre han tenido conmigo.

A mis hermanos(a): Frankling Alfaro Gutiérrez, Diana Alfaro Gutiérrez y Sandra Alfaro Gutiérrez, los cuales me dieron sus consejos para no caer en errores los cuales dañarán mi futuro para alcanzar mis metas.

A mis amigos por estar conmigo cuando los necesite, por motivarme a seguir en mis estudios de investigación y por darme sus sabios consejos.

Br. Freddy Alfaro

AGRADECIMIENTO

Agradecemos primeramente a Dios quien es el ser que nos regala la vida para concluir con nuestros sueño y metas.

A nuestro asesor el **Ing. Álvaro Noguera**, quien a través del proyecto PROMARANGO deposito 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 nuestra asesora **Msc. Martha Miriam Salgado** por su disposición en todo momento, su paciencia y sus recomendaciones en todo momento y su apoyo tan importante en toda la investigación.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), a la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA) por apoyarnos facilitarnos este espacio de superación y culminación del proyecto de nuestra carrera de Ingeniería Forestal.

INDICE DE TABLAS

TABLA		PÁGINAS
1.	Valores de diversidad de Shannon-Wiener por categoría taxonómica y estrato de muestreo	16
2.	Composición y riqueza taxonómica de macrofauna edáfica colectada en plantaciones de marango bajo dos sistemas de manejo (convencional, agroecológico)	17
3.	Ordenes de macrofauna identificados en el estudio	21
4.	Familias de macrofauna registradas en el estudio	24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		PAGINA
1	Mapa de localización del área de estudio finca Santa Rosa, Universidad Nacional Agraria.	4
2	Diseño de parcela empleado y distribución de monolitos para caracterización de macrofauna en la finca Santa Rosa.	7
3	Estratos de muestreo según metodología implementada en estudio de macrofauna en la finca Santa Rosa.	7
4	Cantidad de individuos totales encontrados en cada sistema.	11
5	Cantidad de individuos colectados por estratos de muestreo en dos medidas de manejo de plantación de marango (<i>Moringa oleífera</i>)	12
6	Distribución de los individuos totales por profundidad y por sistema.	13
7	Clases de macrofauna edáfica identificadas en dos sistemas de manejo de plantación de <i>Moringa oleífera</i> .	18
8	Clases registradas en el manejo agroecológico y profundidad de muestreo.	19
9	Clases registradas en el manejo convencional y profundidad de muestreo.	20

RESUMEN

Con el objetivo de inferir en la salud del suelo, se realizó entre diciembre 2013 y febrero del 2014, una caracterización de la diversidad de la macrofauna en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. La metodología implementada fue la propuesta por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Doce monolitos por sistema de manejo fueron monitoreados. Los organismos colectados fueron identificados a nivel de Phylum, Clase, Orden y Familia. 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.

Palabras claves: Indicador biológico, manejo del suelo

ABSTRACT

In order to infer on the soil health, a characterization of the macrofauna diversity in two management systems of *Moringaoleifera* Lam. was conducted between December 2013 and February 2014. The method used was proposed by the Tropical Soil Biology and Fertility program (TSBF). Twelve samples were taken from each management system. The collected organisms were identified to Phylum, Class, Order and Family. All phylum were more abundant in the agro-ecological management system. The highest number of individuals was observed in the insect class. In the conventional system five classes, two orders, and four families were identified, while in the agro-ecological system these values were higher for all categories. The greater abundance of individuals was observed between 10 and 20 cm depth. Termites were most prevalent in both systems, but earthworm presence was greater in the agro-ecological system.

Keywords: Biological Indicator, soil management

I. INTRODUCCION

Las actividades humanas a través del uso y manejo que ejercen en los sistemas de laboreo del suelo al momento de establecer cultivos se identifican efectos determinantes a nivel de la biota, por tanto se ven afectado los niveles de actividad que desempeñan los macroinvertebrados.

Los procesos que ocurren en el suelo son mediados por los organismos que lo habitan, entre ellos se destaca la macrofauna, porque directa o indirectamente afecta la estructura y fertilidad del suelo (Zerbino, 2005). Por tales motivos, la macrofauna es considerada un indicador biológico sensible de los impactos del uso y manejo del suelo en la calidad edáfica (Rousseau *et al.*, 2013). Esta incluye los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro, y tiene un papel imprescindible en la salud y productividad del suelo, debido a su capacidad de alterar el ambiente superficial y edáfico en el que se desarrollan las plantas, (Lavelle *et al.*, 2006).

Conocer el rol que desempeña la macrofauna en el suelo tiene una vital importancia y estaría de cara validar opciones productivas amigables con el medio ambiente ya que permite documentar las afectaciones que provocan la disminución de la macrofauna en el suelo bajo diferentes manejo de cultivos (Lavelle, 2002).

Debido a lo antes expuesto, en este trabajo se quiere dar a conocer que la implementación de actividades para realizar las labores del suelo como: gradeo, desmalezado, y fertilizado, con abonos inorgánicos en sistemas convencionales deteriorando las propiedades del suelos por lo que son factores que perturban la diversidad y abundancia de los organismos que conforman la macrofauna, esto se determinara de acuerdo a la cantidad de organismos encontrados en los sistemas; mientras los sistemas con enfoque orgánico y agroecológico promueven la conservación y función para mejorar la sostenibilidad.

Para el caso de los sistemas de producción asociados a Marango como cultivo principal, se realizó una serie de revisión de literaturas de autores como: Palada y Chang (2003), y de Saint y Broin (sf) donde no fue posible encontrar antecedentes documentados científicamente que den un seguimientos al comportamiento de los macrofauna, menos a su distribución, por lo que existe la necesidad de generar información que ayude a proyectar la salud, productividad y sostenibilidad de los sistemas en que se produce esta especie. Siendo esta carencia de información la limitante a vencer con el estudio que se presenta.

Este trabajo tiene como propósito caracterizar el componente biológico (presencia-ausencia) de la macrofauna edáfica asociadas a dos medidas de manejo de una plantación de Marango; documentando a partir de revisión de la funcionalidad de la macrofauna y así poder tener elementos científicamente comprobados para recomendar a productores practicas orientadas a la salud del suelo, diversidad en la producción y sostenibilidad.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- ✓ Comparar la diversidad de la macrofauna del suelo en dos sistemas de manejo de marango (*Moringa oleifera*. Lam.) como indicador biológico de la salud del suelo.

2.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar la composición y diversidad de la macrofauna en dos sistemas de manejo de plantación de marango.
2. Identificar el rol o función de los organismos que conforman la macrofauna del área muestreada en relación al cultivo principal por tipo de sistema de manejo.
3. Inferir en la salud del suelo a partir de la diversidad, composición y rol de la macrofauna del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

En la (Figura 1), se muestra que el estudio se desarrolló en la finca Santa Rosa, que corresponde a una unidad de experimentación y validación, propiedad de la Universidad Nacional Agraria (UNA), ubicada en la comarca Sabana Grande, municipio de Managua. La finca se localiza geográficamente en las coordenadas 12° 08' 15" de latitud Norte y 86° 09' 36" de longitud Oeste, a una elevación de 56 msnm (INETER, 2009).

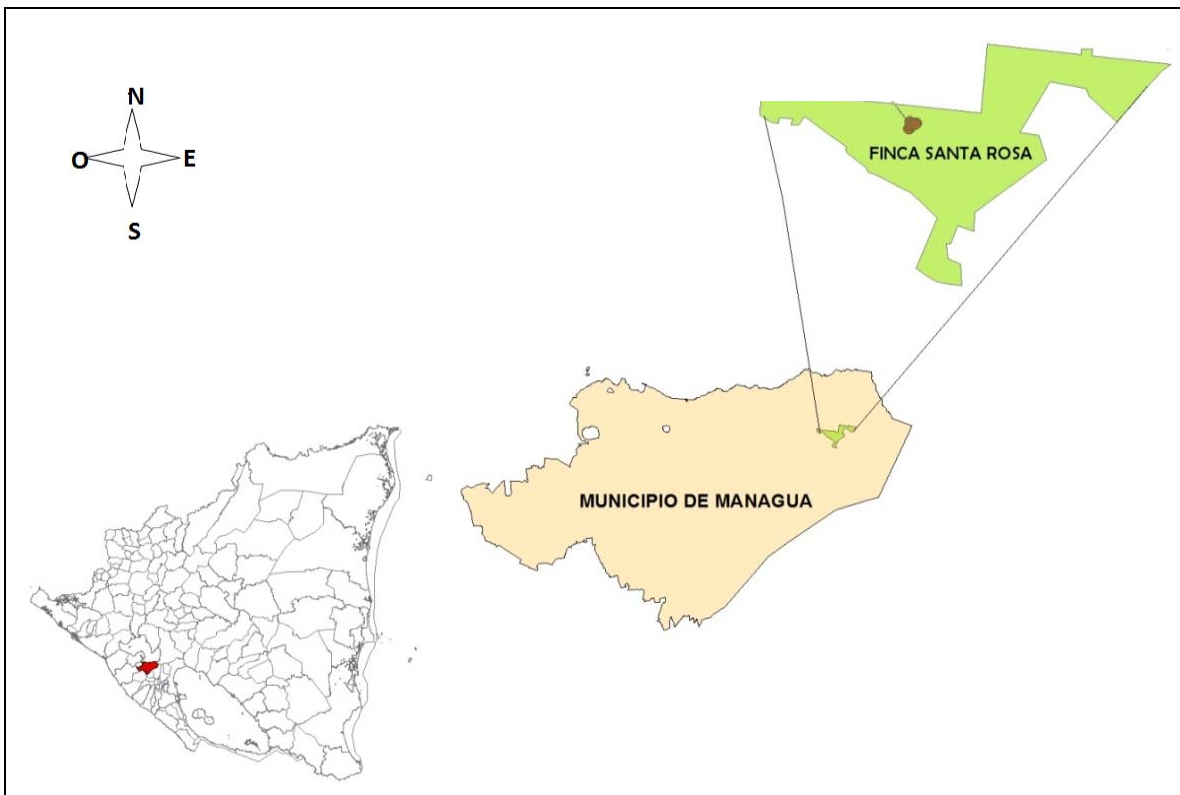


Figura 1. Mapa de localización del área de estudio. finca Santa Rosa. Universidad Nacional Agraria. Fuente Laboratorio SIGMA-FARENA, 2015.

3.1.1. Clima

De acuerdo con la clasificación de Holdridge, (1978), esta área corresponde a la zona de vida ecológica Bosque Tropical Seco. La zona presenta una época seca bien marcada entre los meses de noviembre a abril y una temporada lluviosa entre mayo a octubre.

La precipitación media anual en la finca es de 1014.8 mm, con un rango de 1000 y 1200 mm, con temperatura media anual de 27.5 °C y humedad relativa anual de 71.9 % (INETER, 2009).

3.1.2. Suelo

En el área donde se ubica la finca, el suelo se ha visto influenciado por factores formadores como el vulcanismo y el tectonismo; los procesos formadores que lo han modelado son la erosión y la sedimentación. Estos suelos se caracterizan por ser franco arcilloso, con textura moderadamente fina, presentan un 39.8% de arcilla, 24% de limo y 36.2% de arena; se caracterizan por tener un buen drenaje y un pH de 5.3 clasificado como suelos fuertemente ácidos (Espinoza y Sevilla, 2010).

3.1.3. Vegetacion

Según el sistema de clasificación de Holdridge en documento de Espinoza y Sevilla, (2010) el área pertenece al bosque seco tropical; mientras en el área predomina vegetacion arbórea asociada a este sistema (Espinoza y Sevilla, 2010). En cuanto al componente arbóreo, por el uso pecuario predominante, solo se encuentran arboles como lindero de potreros; siendo muchos de ellos introducidos como Neem, Marango y Eucalipto; y especies nativas como jocote jobo, Tigüilote, entre otras.

3.1.4. Topografía

La topografía del área de la finca es regular, con predominio de pendientes entre 2° y 5° grados, lo que indica un área predominantemente plana, en vista que la finca se encuentra en un rango de altitud entre 0 y 56 m.s.n.m., (Espinoza y Sevilla, 2010).

3.2. Diseño metodológico

En este muestreo se caracterizó la macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de cultivo o plantación de marango, uno denominado sistema convencional, que contrasta y fue comparado con otro que fue un sistema de manejo con enfoque agroecológico, ambos con características diferenciadas que son descritas a continuación.

En cuanto a la edad de cada sistema o momento de establecimiento, el lote con manejo convencional fue establecido en septiembre del 2012; mientras las áreas con manejo agroecológico fueron establecidas en mayo de 2013.

En este monitoreo la recolecta de los macroinvertebrados se realizó en diciembre del 2013 y enero del 2014 realizando en este periodo una sola colecta de campo que correspondió a 7 días de campo.

3.2.1. Descripción de los sistemas monitoreados

manejo con enfoque convencional

Se caracteriza por el empleo de insumos como fertilizantes inorgánicos, insecticidas, herbicidas. Se caracteriza porque la tecnología utilizada responde a las condiciones de la agricultura comercial fundada en el empleo de agroquímicos (Damián y Aragón 2011).

En el caso particular de las áreas en que se trabajó corresponde a un agroecosistema en el que se realizan prácticas como preparación mecanizada del suelo las que consiste en chapia (con chapodadora incorporada a un tractor), volteo del suelo consistente en tres pases de gradas, y roturación a 20 a 30 cm de profundidad para elaboración de surcos con subsolador mecánico.

Así mismo, el manejo agronómico consistió en fertilización inorgánica al momento de la siembra y después de un año de establecida la misma; riego, control de plagas a través de químicos inorgánicos y chapia mecanizada con desbrozadora, con una frecuencia de 2 a 3 por estación.

manejo con enfoque agroecológico

De manera general las prácticas asociadas al sistema de manejo con enfoque agroecológico en el área de estudio corresponden a un sistema de siembra sin labores de mecanización para preparación del suelo (labranza mínima, al espeque), chapia manual, ahoyado manual; mientras el manejo se dirigió a una menor dependencia de insumos a partir de prácticas como aprovechamiento de la cobertura del cultivos asociados para supresión de plagas de insectos y malezas; fertilización orgánica a través de compost e incorporación de leguminosas *Canavalia ensiformis* (L.), *Canavalia brasiliensis* (Mart. ex Benth.).

3.3. Descripción del diseño de campo

El método de muestreo utilizado fue el recomendado por el Programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) e implementado por (Zerbino, 2005).

En cada sistema se establecieron cuatro parcelas de 15 m x 30 m, dentro de cada parcela se colectaron tres monolitos, y cada monolito estaba subdividido en cuatro estratos.

La unidad básica de muestreo fue un monolito de dimensiones de 25x25x30 cm. En cada sistema de manejo se colectó y muestreo 12 monolitos separados 15 m dentro de las parcelas de cultivo y distribuidos de manera diagonal (Figura 2), estas unidades fueron divididas en 4 estratos sucesivos: hojarasca, 0 a 10 cm, 10 a 20 cm, 20 a 30 cm.

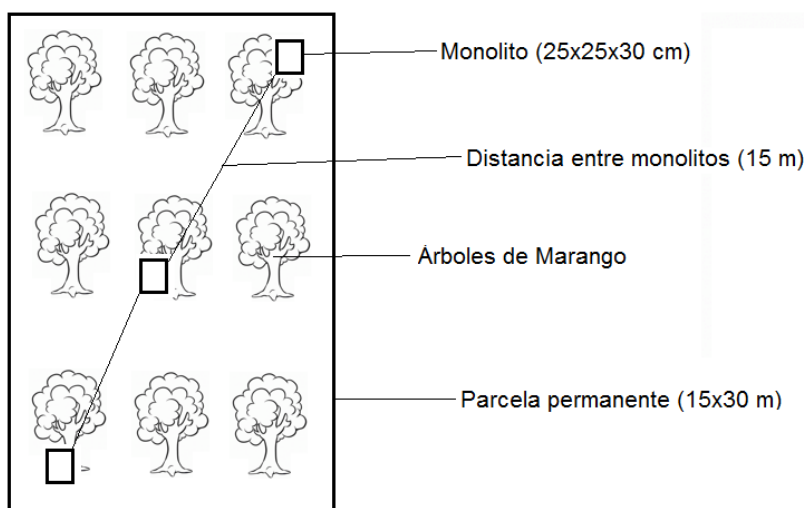


Figura 2. Diseño de parcela empleado y distribución de monolitos para caracterización de macrofauna en la Finca Santa Rosa.

3.3.1. Muestreo y recolecta de macrofauna

La captura de cada espécimen se realizó en las áreas monitoreadas de forma manual una vez establecido el punto donde se ubicó cada monolito se realizó la recolecta en cada estrato de muestreo (Figura 3).

Todos los macroinvertebrados encontrados en cada uno de los estratos de muestreo fueron recolectados y depositados en viales, etiquetados con fechas, código de parcelas y sistema

de manejos. Luego se conservaron en alcohol a 70%, de esta manera fueron transportados al laboratorio para su debida identificación y clasificación taxonómica a nivel de phylum, clase, orden y familia, pudiendo así determinar la composición, diversidad y potencial función de dichos organismos.

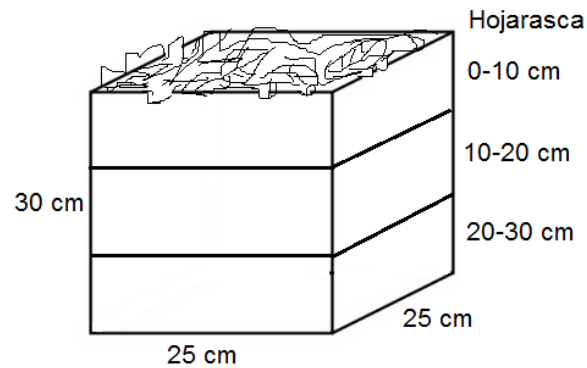


Figura 3. Ilustración de un monolito subdividido en estratos verticales.

3.3.2. Parámetros que se utilizaron en la colecta de macrofauna

- Número de individuos por estrato: 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 macrofauna colectados e identificados en todas las unidades de muestreo y estrato de muestreo.
- Diversidad por estrato: Se cuantificó usando el índice de Shannon Wiener y tiene como propósito representar la riqueza y abundancia de especies en cada estrato de muestreo y sistema de manejo. Su forma de calcular es:

$$H = -\sum (p_i \ln p_i)$$

- Diversidad por tipo de manejo: Se baso en el valor del índice de Shannon Wiener determinado en cada uno de los sistemas de manejo y permitió sugerir la salud del suelo asociado a cada tipo de manejo. Complementariamente a la diversidad, se documento mediante revisión el rol de los organismos y su potencial efecto sobre el suelo.

3.4. Procedimientos para la identificación de los especímenes recolectados en campo

El procesamiento de las muestras de la macrofauna en el laboratorio consistió inicialmente en sacar el espécimen de los vasos colectores etiquetados por fechas y por parcelas. Estos se vaciaron individualmente sobre una bandeja, posteriormente con ayuda de pinzas se realizó la separación de los organismos capturados. La identificación de los especímenes se realizó con ayuda de la especialista Martha Miriam Salgado.

Específicamente los métodos para identificación consistieron en 1) observación a través de un estereoscopio de alta resolución.

2) Consulta a expertos y con revisión de libros y manuales como: Caster (2008) y López y Urcuyo (2009) donde comparamos cada organismo para diferenciar sus caracteres de cada individuo colectado, las cuales se fueron describiendo para una mejor identificación.

3) Uso de claves dicotómicas: se utilizaron elementos como calibre el cual es necesario para realizar las mediciones, lupa donde se observan los caracteres con un aumento de hasta unos 40x (amplifica una imagen 40 veces su tamaño).

A través de las clave se observaron los caracteres del espécimen con los que gradualmente se fue cerrando posibilidades hasta llegar al nombre del taxón. Según la teoría expuesta por (Lawrence & Hawthorne, 2006) en relación al uso de esta herramienta, en una clave dicotómica se elige siempre uno de dos caminos. Empieza con una serie de dos descripciones mutuamente excluyentes de los estados de algunos caracteres. Se selecciona aquella de las dos que mejor describe al espécimen a identificar, se siguen sus indicaciones para llegar al siguiente par de descripciones, y así, y si el usuario no cometió un error, se llega al nombre del taxón. La tarea se ve muy facilitada si la clave tiene fotografías del aspecto de los estados de los caracteres.

La identificación se hizo a nivel de Phylum, Clase, Orden, y Familia esto se realizó en la Universidad Nacional Agraria.

3.5. Descripción del rol de la macrofauna

El rol de la macrofauna es la función que ejercen los organismos en el agroecosistema, y su relación con el cultivo principal de las plantaciones de Marango en los sistemas de manejos.

En este estudio el rol de los organismos fue determinado a partir de una revisión bibliográfica de trabajos realizados tanto en suelos agrícolas como otros usos en los cuales se ha descrito las actividades o funciones que desde el punto de vista ecológico (estructura, fertilidad e interacción con plantas que ejercen los organismos a nivel de Phylum Clase, Orden y Familia). Esto nos permitirá conocer los beneficios que ejerce cada espécimen encontrado en los sistemas bajo manejo en el área experimental por ejemplo; Los individuos que pertenecen al orden Himenóptera representado en este estudio por las hormigas tienen importancia en el sentido que cuando sus poblaciones son elevadas son capaces de transportar gran cantidad de hojas al interior del suelo influyendo de esta manera en sus propiedades físicas, pudiendo de esta forma enriquecer el suelo con los nutrientes depositados por las mismas Gunadi & Verhoef (1993).

3.6. Análisis de datos

El procesamiento de los datos se llevó a cabo mediante la organización de estos en una hoja de Microsoft Excel, para luego a través de tablas dinámicas llevar a cabo el conteo de individuos por cada uno de los niveles taxonómicos de interés. Complementariamente se organizó una base de datos con la abundancia en cada uno de los sistemas y realizar así el cálculo de diversidad de Shannon Wiener en el programa estadístico Paleontological Statistic (PAST). La comparación de los valores de abundancia de organismos entre sistema de manejo se realizó a través de una prueba t student para datos no paramétricos (Wilcoxon para muestras independientes).

Para el caso de la comparación de los valores de abundancia de organismos por profundidad de muestreo, se realizó a través de un análisis de varianza para datos no paramétricos (Kruskal Wallis).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la abundancia de la macrofauna

4.1.1. Abundancia de individuos por sistema de manejo

La (Figura 4), muestra la diferencia en la abundancia de individuos de la macrofauna del suelo en dos sistemas de manejo del cultivo Marango. En este sentido, se registró una mayor abundancia en el sistema de plantación manejado con enfoque agroecológico.

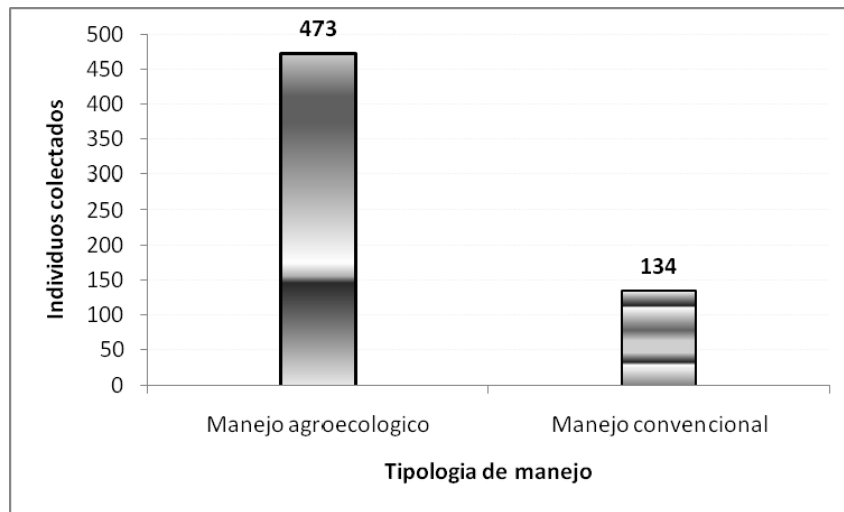


Figura 4. Cantidad de individuos totales encontrados en cada sistema bajo estudio.

La variación en la cantidad de individuos por cada sistema estuvo asociada a un menor grado y frecuencia de alteración producto de las medidas de manejo en el sistema con enfoque agroecológico; y en consecuencia la cantidad y calidad de los recursos del sistema, ello se debe según Primavesi, (1982) a que los agrosistemas manejados con enfoque agroecológico producen un ambiente con temperatura y humedad adecuada y una considerable biomasa radicular que proporciona mayor disponibilidad de alimento y refugios.

Otro aspecto importante que favoreció el mayor número de individuos fue la incorporación de residuos del control de maleza producto de la chapia en el sistema agroecológico, esto además contribuye con retención de la humedad.

4.1.2. Abundancia de macrofauna por profundidad del suelo.

De manera general se encontró diferencias significativas ($p=0.003$) en la abundancia por profundidad de muestreo. La mayor concentración de individuos se registró en la profundidad de 10 cm (Figura 5), la relación entre el número de individuos de la macrofauna y la profundidad de muestreo se caracterizó por abundancias similares en ambos sistemas de manejo.

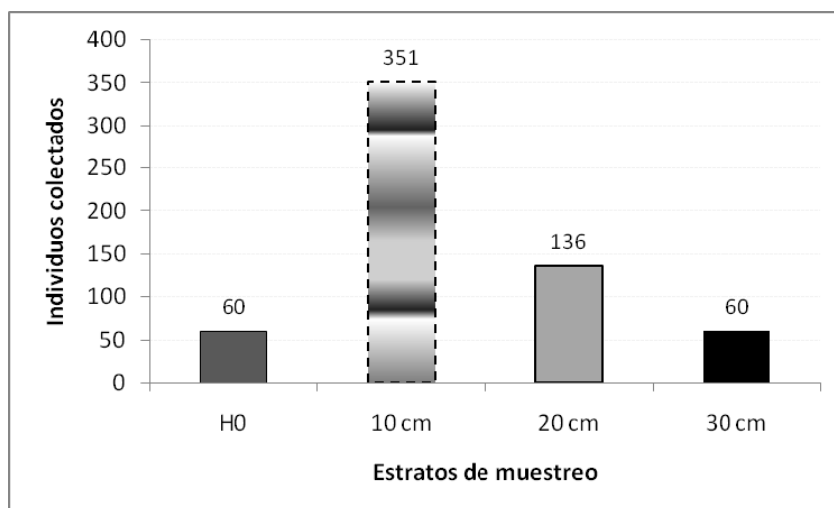


Figura 5. Cantidad de individuos colectados por estratos de muestreo en dos medidas de manejo de plantación de marango (*Moringa oleifera*).

La causa más importante que favoreció la presencia de macroinvertebrados en los primeros centímetros del suelo en ambos sistemas de manejo fue la presencia de la cobertura vegetal que hace un aporte de biomasa, disminuye la intensidad lumínica, el impacto de las gotas de lluvia y además regula la temperatura del suelo ofreciendo un medio estable para la vida de la macrofauna.

Según Masters, (2004) los cambios en las condiciones de temperatura y humedad del suelo como consecuencia de la menor cantidad de residuos, afecta a algunas unidades taxonómicas, como es el caso de Oligochaeta o lombriz de tierra; que normalmente requieren de la humedad permanente. Así mismo, Crespo y Rodríguez, (2000) señalan que en la capa superficial del suelo es donde se encuentra una significativa cantidad de individuos y se produce la mayor actividad de la macrofauna.

4.1.3. Abundancia por sistema de manejo y estrato o profundidad de muestreo.

La profundidad tuvo un efecto marcado en la cantidad de individuos de la macrofauna tanto en el sistema agroecológico ($p=0.015$), como en el manejo convencional ($p=0.016$), determinándose diferencias significativas.

En la (Figura 6), se muestra la abundancia por profundidad de muestreo y el número de individuos colectados en dependencia del sistema de manejo. En este sentido, se determinó una baja correlación ($r=0.49$, $p<0.05$) entre la profundidad y la abundancia; es decir que a pesar de las diferencias en abundancia entre estratos, esta variable no estuvo totalmente asociada a la profundidad.

Es evidente el efecto de la profundidad en la abundancia de la macrofauna edáfica y en la distribución de los individuos colectados en ambos sistemas; al alcanzar la profundidad de los (10cm) se encontró un mayor número de individuos aunque el sistema agroecológico supero al convencional en todos los estratos de muestreo.

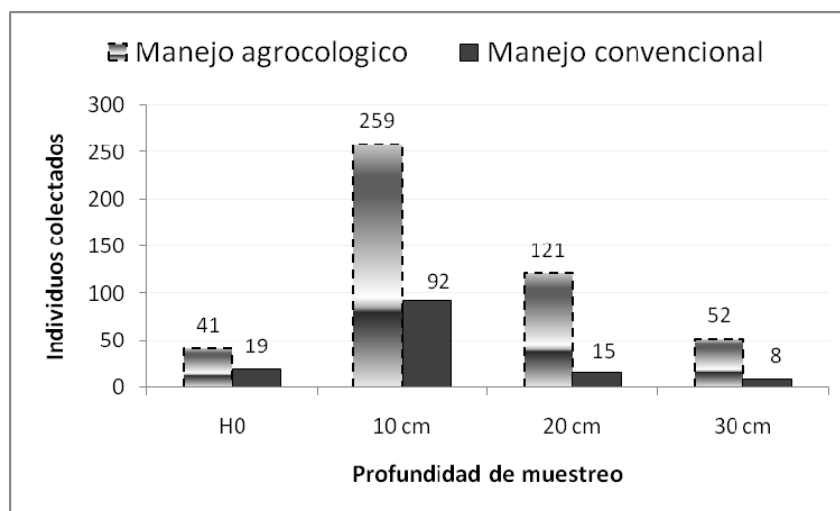


Figura 6. Distribución de los individuos totales, por profundidad y por sistema.

Una de las causas que conlleva a tener mayor presencia de organismos en los primeros estratos (superficial y 0 a 10 cm) se debe a la cantidad de materia orgánica ya que esto permite que la estructura del suelo mejore, así mismo sirve de refugio, alimento, brindan hábitat y contribuyen a estabilizar el microclima del suelo para la macrofauna (FAO, 2002).

Otro elemento que puede ayudar a explicar el mayor número de individuos en el sistema agroecológico en todos los estratos, es el sistema de laboreo del suelo con que se trabaja ya que todos los residuos quedan en el área de trabajo beneficiando de esta manera a los macro invertebrados en sus diferentes interacciones con el medio. Según Benito y Pasini, (2002), el ambiente que se crea en los primeros estratos de profundidad favorece a los organismos cavadores, en particular a las lombrices, a los depredadores y a los individuos saprófagos.

4.2. Diversidad de la macrofauna del suelo con base en el índice de Shannon-Wiener

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.

Al respecto, el sistema agroecológico presentó el valor más alto de diversidad con $H' = 2,25$; en cambio esta misma categoría presentó un valor de diversidad baja $H = 1$ en el sistema convencional.

Este bajo valor 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 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.

En relación al sistema con enfoque agroecológico, resultados similares son reportados por Brévault *et al.*, (2007), quienes registraron mayor índice de diversidad de organismos en sistemas sin labranza y con cobertura de mantillo los cuales propician variedad de sustratos e influyen en el desarrollo de varios grupos faunísticos edáficos.

4.2.1. Diversidad de macrofauna estimada por profundidad y sistema de manejo

De la misma forma que el análisis de diversidad por sistema, el caso de profundidad versus sistema, se reportó una baja diversidad de macrofauna según los valores obtenidos del índice de Shannon-Wiener (Tabla 1), los que están por debajo de 3 lo que según Moreno (2001) indica una diversidad baja.

Este bajo valor 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 bajo estudio se ocupaba como potrero, esta es una de las actividades que 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 muchos macroinvertebrados al no poder sobrevivir en suelos con estas características.

Tabla 1. Valores de diversidad de Shannon-Wiener por categoría taxonómica y estrato de muestreo

Taxones	Estratos de muestreo incluidos en el estudio			
	Superficial	Estrato 0 a 10	Estrato 10 a 20	Estrato 20 a 30
Clase	1.23	0.58	0.79	0.88
Orden	1.47	1.39	1.22	1.46
Familia	0.6	0.86	1.16	0.97

El análisis de la diversidad por categoría taxonómica y por profundidad que es presentada en la (Tabla 1), muestra que en cuanto a las clases identificadas el valor más alto con 1.23 de diversidad. En relación a la diversidad de ordenes por profundidad, es posible observar similitud entre los estratos superficial y el de mayor profundidad (20 a 30 cm); así como similitud entre los estratos 0 a 10 cm con 10 a 20 cm. A nivel de familia, la diversidad más alta fue registrada en el estrato 10 a 20 cm.

La causa a la cual se puede atribuir estos altos valores de diversidad de las categorías taxonómicas clase y orden en la parte superficial de muestreo, es debido al grado de cobertura al suelo; y por otro lado, la diversidad de materia orgánica que representa cada sistema, ya que las leguminosas representan mejor fuentes de alimento de los organismos del suelo en comparación a gramíneas o simplemente suelos descubiertos por actividades de manejo de arvenses.

En ambos sistema bajo estudio se reporto la mayor diversidad en la parte superficial resultados similares obtuvieron estudios realizados por Zaldívar *et al.*, (2009) quien señala que esto es debido al mayor aporte de hojarasca en la parte superficial incidiendo de esta manera en la formacion de un hábitat más propicio para el desarrollo de estos organismos.

4.3. Taxonomía de la macrofauna registrada en el estudio

La tabla presentada a continuación muestra en detalle los Phylum y demás categorías taxonómicas registradas en el estudio, siendo éstos los niveles en los cuales se centra el análisis en las secciones subsiguientes.

Las comunidades de los macroinvertebrados en los sistemas caracterizados comprenden tres Phylum: Mollusco, Anelido y Arthropodo, siendo este último el que tuvo mayor presencia en el estudio; a este Phylum pertenece las clases Insecta, Miriapoda y Crustacea las cuales posee un gran número de órdenes especialmente la clase Insecta así también fueron identificados los Phylum Anelido y Mollusco con una menor presencia en el muestreo.

La cuantificación de la abundancia por Phylum en cada sistema de manejo muestra mayores valores en el manejo agroecológico (Tabla 2), encontrándose mayor número de Phylum (3), y mayor abundancia total (473), en comparación al manejo convencional.

Tabla 2. Composición taxonómica de macrofauna edáfica colectada en plantaciones de marango bajo dos sistemas de manejo (convencional, agroecológico).

PHYLUM	CLASE		ORDEN		FAMILIAS		Individuos Colectados	
	Agroec	Convenc	Agroec	Convenc	Agroec	Convenc	Agroecol	Convenc
Molluco	1	----	3	-----	4	-----	52	----
Anelido	1	----	1	-----	1	-----	22	----
Arthropodo	3	3	5	2	14	4	399	134
Sumatoria							473	134

La mayor diversidad taxonómica estuvo presente en el sistema de manejo con enfoque agroecológico, aunque son considerados como valores muy bajos al relacionarlos con los sistemas naturales con cierto grado de conservación, como las selvas secundarias, que poseen gran riqueza taxonómica (Ararat *et al.*, 2002). Esto se debe a que en los sistemas no intervenidos por el ser humano hay una menor y casi nula alteración del suelo, y la presencia de vegetación multiestratificada provee protección y fuentes de alimentos en diferentes grados de descomposición a los macroinvertebrados, humedad constante así como mayores contenidos de materia orgánica.

4.4 Clases registradas en el estudio

En el nivel de clases, fueron identificadas 7; siendo las más representativas la clase Insecto con un total de 459 individuos, Arachnida con 32 individuos, y Crustacea con 27 individuos, mientras las demás clases estuvieron representadas por un número menor de 24 individuos.

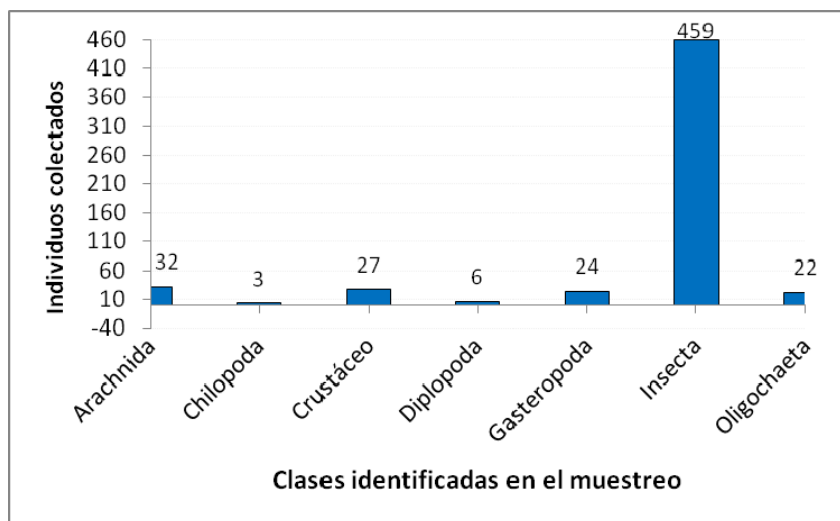


Figura 7. Clases de macrofauna edáfica identificadas en dos sistemas de manejo de plantación de (*Moringa oleífera*.)

La razón por la cual la clase Insecta tuvo mayor número de individuos es porque dentro de ellas se encuentran las termitas como especie abundante. Esta especie pertenece a un grupo oportunista de rápida colonización, según *Bandeira et al.*, (2003); estas están presentes en hábitat menos conservados y con algún nivel de degradación mientras que otros las señalan como las primeras especies colonizadoras en ambientes deforestados, con suficiente material leñoso remanente, en cuya descomposición intervienen como rol identificado (*Cunha*, 2006).

4.4.1. Clases registradas en el manejo agroecológico por profundidad de muestreo

En la (Figura 8), se muestra las clases identificadas en el sistema agroecológico así como la profundidad de muestreo. En este sistema la clase Insecta registró la mayor representatividad en todos los estratos muestreados en relación a la abundancia, pero con mayor presencia a los 10 cm de profundidad.

De la misma manera la clase Oligochaeta reportó una considerable presencia en esa misma profundidad; lo contrario sucedió con la muestra tomada a los 30 cm de profundidad en la cual se reportó ausencia de individuos en la mayoría de las clases y baja presencia de la clase Arácnida, por otra parte, para la clase Chilopoda solamente se encontró en los 10cm de profundidad.

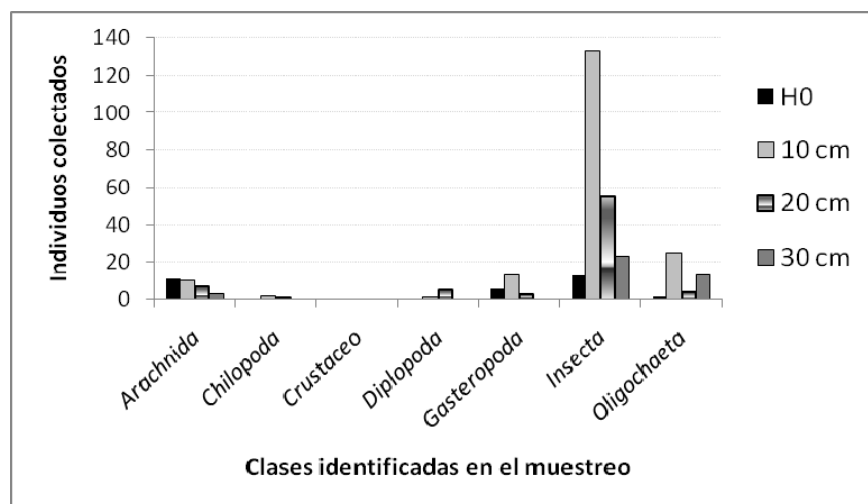


Figura 8. Clases registradas en el manejo agroecológico por profundidad de muestreo

La clase Chilopoda representada por organismos depredadores como ciempiés, presentó una baja presencia en este sistema de manejo, lo que podría estar asociado a una escases de organismos presas o condiciones del medio desfavorables.

También es importante resaltar que no se registró presencia de organismos de la clase Crustácea en este sistema de manejo debido a que en este sistema no se implemento riego en sus sistemas de laboreo y este tipo de organismos son consistentes en lugares con altos grado de humedad. según estudios realizados por Curry (1987) quien manifiesta que los Crustáceos son integrantes consistentes en ambientes donde hay residuos en la superficie; por otro lado, la mayoría de ellos son altamente susceptibles a la pérdida de agua por lo que están restringidas a hábitats húmedos .

4.4.2. Clases registradas en el manejo convencional y profundidad de muestreo

En este sistema fueron identificadas 5 Clases y de igual forma que en el sistema de manejo con enfoque agroecologico la clase Insecta registro el mayor número de individuos en todos los estratos muestreados pero con mayor presencal al alcanzar los 10 cm de profundidad,

seguido por la clase Crustácea que también reportó presencia de organismos en todos los estratos, para la clase Oligochaeta se reportó presencia solo en los 10 y 20 cm de profundidad. Para el caso de las clases Arachnida y Gasteropoda se reportó baja presencia en los dos primeros estratos muestreados, y ausencia en los demás.

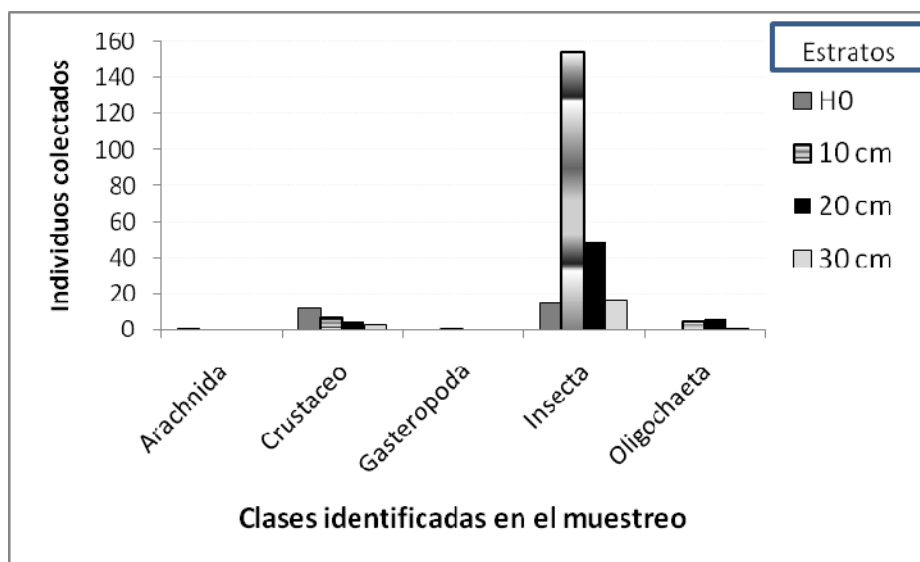


Figura 9. Clases registradas en el manejo convencional y profundidad de muestreo

La ausencia o baja presencia en el manejo convencional de algunas clases como Chilopoda, Diplopoda y Gasteropoda; y que por el contrario fueron reportadas en el sistema agroecológico, se debe principalmente a que los organismos que los representan tales como: milpiés, cochinillas y caracoles son susceptibles a transformaciones físicas en este tipo de sistema de manejo (Linares *et al.*, 2009), siendo algunas de las transformaciones más comunes el laboreo mecanizado al momento de preparar el suelo, la chapia frecuente, entre otras.

Las transformaciones en las condiciones ambientales del suelo, originadas por las actividades que demandan los sistemas convencionales y la consecuente destrucción mecánica de los micro hábitats, tienen una repercusión negativa sobre los principales grupos de los componentes de la materia orgánica, reduciendo su número y muchas veces desapareciéndolos del área especies como los milpiés, cochinillas, caracoles y depredadores como los ciempiés (Linares *et al.*, 2009).

En el caso de la clase Arácnida su baja representación se debe a que el sistema convencional demanda la utilización de muchos insumos como agroquímicos inorgánicos en su funcionamiento, lo que destruye o aleja a organismos presas que pudieran servir de alimento para las arañas; por su parte Lee (1985) señala que los sistemas de cultivos anuales intensivos alojan menores poblaciones de depredadores.

4.5. Ordenes de macrofauna identificados en el estudio

Diferencias en este nivel taxonómico son reflejadas en los valores de individuos obtenidos en cada sistema de manejo. Al respecto, se registraron 14 órdenes de los cuales 9 estuvieron presentes en el sistema agroecológico y, 2 órdenes identificados a este nivel, y otros especímenes a nivel de clase; mientras seis individuos no fueron identificados a ningún nivel en el sistema convencional disminuyendo la cantidad de órdenes en el sistema convencional. El orden Isóptera registró mayor representatividad en el sistema agroecológico con un total de 252 individuos, seguido de Coleóptera con 88 individuos; mientras en el sistema convencional, el orden de mayor representatividad fue Trichoptera seguido por Scolopendromorpha.

Tabla 3. Ordenes de macrofauna identificados en el estudio

Ordenes registrados	Tipo de manejo	
	Agroecológico (indiv. colectados)	Convencional (indiv. colectados)
Isoptera	252	-
Coleoptera	88	-
Hymenoptera	51	-
Mesogastropa	24	-
Haploxida	22	-
Littoridina	15	-
Littorinimorpha	13	-
Juliformia	6	-
Diptera	2	-
Scolopendromorpha	-	3
Trichoptera	-	93
No identificado 1(arañas)	-	28
No identificado 2(arañas)	-	4
No identificado 3	-	6
Abundancia total	473	134

Según Lavelle y Spain (2001), la predominancia de estos grupos ecológicos están determinados por un conjunto de factores ambientales, dichos autores consideran que la temperatura, seguido de la disponibilidad de recursos (riqueza de nutrientes) y de la variación estacional de la humedad, son los principales determinantes.

Dentro de los órdenes que juegan roles específico y de gran importancia en el medio edáfico se encuentran Haploxyida representado por las lombrices, las cuales tienen la función de transformar el material orgánico en humus e ingieren de manera selectiva una gran cantidad de material orgánico y mineral Lavelle y Spain (2001), registrándose este orden únicamente en el sistema de manejo con enfoque agroecológico.

Así mismo, Lavelle (1997) afirma que la actividad de este orden conduce a la producción de estructuras que influyen directamente en las propiedades físicas del suelo como el aumento de la porosidad y la aireación, el mejoramiento de la conductividad hidráulica y una mejor estabilidad estructural que incluye en la formación de macro y micro agregados.

Los individuos que pertenecen al orden Himenóptera representado en este estudio por las hormigas tienen importancia en el sentido que cuando sus poblaciones son elevadas son capaces de transportar gran cantidad de hojas al interior del suelo influyendo de esta manera en sus propiedades físicas así Gunadi & Verhoef. (1993) afirman que este es un grupo importante ya que tienen la función de forrajear y anidar en el suelo y pueden enriquecerlo al retornar los nutrientes.

Los milpiés pertenecientes al orden Juliformia son considerados como organismos epigeos detritívoros tienen una función importante es la fragmentación y descomposición de la hojarasca disminuyendo los vegetales Según Sánchez y Reinés (2001), estos organismos se consideran de gran importancia ya que consumen grandes cantidades de hojas de poco valor nutritivo y excretan la mayoría de ellas relativamente sin ningún cambio físico pero muy fragmentado, y por ello fácilmente aprovechables por otros microorganismos; contribuyendo al ciclaje de materiales y nutrientes en el agroecosistema.

Los Coleópteros cumplen un papel fundamental en la naturaleza ya que contribuyen de manera muy importante en relación al material vegetal disponible en la superficie del suelo estos además ocupan uno de los primeros lugares en las cadenas tróficas. Estudios realizados por Curry (1987), reportan que gran parte de estos individuos viven en la superficie donde la vegetación es baja en altura, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida.

La baja riqueza de órdenes en el sistema convencional está asociada a la baja cantidad de material orgánico por la frecuencia de chapas (2 a tres por cuatrimestre en época lluviosa) y al sistema de laboreo del suelo.

El orden Díptera que habitan en el suelo está constituido por organismos saprófagos y están asociados con acumulaciones de materia orgánica y de excrementos por tanto presentan baja abundancia en suelos con escaso contenido de materia orgánica.

4.6. Riqueza y diversidad de familias registradas

La mayor diversidad taxonómica relacionada a las familias en cada sistema de manejo, corresponde al sistema agroecológico en el cual se identificaron 8 familias; mientras en manejo convencional fueron registradas solamente 4; sumado a una mayor abundancia por familia (Tabla 4).

Tabla 4. Familias de macrofauna registradas en dos sistemas de manejo de plantación de *Moringa. oleifera* Lam

MANEJO AGROECOLOGICO		MANEJO CONVENCIONAL	
Familias representativas	%	Familias representativas	%
Termidae	47.7	Leptoceridae	63.0
Formidae	10.3	Salticidae	21.6
Escarabaeidae	7.60	Hydropsychidae	12.6
Hidrobiidae	5.90	Scolopendridae	2.8
Ptilodactylidae	5.90		
Armadellidiidae	5.70		
Thiaridae	4.70		
Tubicidae	4.70		

En relación con las familias más representativas en manejo agroecológico, Termidae (47.7%) obtuvo el mayor porcentaje en términos de abundancia, seguida por la familia Formidae con el 10.3%; así como las familias Escarabaeidae (7.6%), Hidrobiidae (5.90%), entre otras.

4.6.1. Familia Termidae

El representante más común de esta familia son las termitas las cuales tienen un papel fundamental a nivel edáfico; son insectos sociales los nidos son construidos con suelo, material vegetal, excreciones y saliva; pueden ser enteramente subterráneos o construir montículos. Construyen galerías en el suelo y transportan grandes cantidades de material orgánico desde la superficie a sus cámaras; ambas actividades contribuyen significativamente en el ciclo de nutrientes (Lavelle y Spain, 2001).

En relación al alto porcentaje de individuos dentro de la muestra colectada y por tanto, una importante presencia, esto puede estar relacionado con lo explicado por (Lavelle et al.,

2003) quien señala a este grupo como organismos oportunistas y más resistentes a perturbaciones inducidas indica hábitats menos conservados o con algún nivel de degradación.

Además de las diferentes funciones beneficiosas que producen a nivel edáfico son caracterizadas también por causar grandes daños en la madera. Según Artigas (1994), las termitas son uno de los principales problemas que afectan a la madera elaborada en todo el mundo principalmente realizando degradaciones en diversas estructuras.

Para el caso de *Moringa oleifera*, estudio realizado por Palada y Chang (2003); reportan a estos organismos como importantes plagas asociadas a este cultivo en arboles jóvenes y adultos, provocando debilitamiento en la planta, acortando su permanencia en áreas de plantación. También influye negativamente en la efectividad de reproducción asexual o por estacas de esta especie ya y estacones obtenidos de arboles infestados no logran establecerse en campo y presentan rápida pudrición seca.

4.6.2. Familia Formicidae

En cuanto a la familia Formicidae, se conoce que presentan un rol importante en cuanto a la transformación de la estructura del suelo; en tal sentido, Lavelle (2000) menciona que los representantes de este grupo tienen un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de sus propiedades físicas, que favorecen la formación de agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso.

Holldobler y Wilson, (1990), señalan que lugares donde las hormigas llegan a densidades elevadas, pueden mover la misma cantidad de suelo que las lombrices de tierra, debido a que transportan restos de animales y plantas dentro de sus nidos bajo el suelo, mezclan estos materiales con la tierra excavada y el área del nido es cargada con altos niveles de carbono, nitrógeno y fósforo; consecuentemente el suelo se fragmenta en un mosaico de concentración de nutrientes

Sobre estos organismos Jiménez. (2002) plantea que estos se distinguen por su capacidad de arador del suelo y producir una gran variedad de estructuras órgano-minerales: deyecciones, nidos, montículos, macrosporos, galerías y cámaras.

En general, un mayor número de familias en el manejo agroecológico está relacionado con el manejo de cobertura de leguminosas como *Canavalia ensiformis* y *Canavalia brasiliensis*, esto en el sentido que la polinización de estas especies está asociada a hormigas; así mismo las hormigas se alimentan del néctar de estas forrajeras por lo que es lógico encontrarlas con importante presencia en el suelo (Cabrera *et al.*, 2011). Por otro lado, se sugiere que su presencia en el suelo es producida por el aporte de hojarasca de los árboles, la incorporación de desechos del desmalezado; y la cobertura de la canavalia al suelo, lo que proporciona sombra y permite que se mantengan estables los valores de temperatura y humedad del suelo, esto beneficia el desarrollo óptimo de las comunidades de la biota edáfica más diversas (Cabrera *et al.*, 2011).

Con base en trabajos realizados por Noumman *et al.*, (2007) se reportan importantes afectaciones en la semilla de marango por daños provocados por hormigas, influyendo de manera negativa en los porcentajes de germinación al momento de realizar siembra directa, ejerciendo en este caso una función de herbívoros.

En cuanto a la presencia de hormigas y su relación con el cultivo de *Moringa oleifera*, es importante mencionar que en plantaciones jóvenes, la alta abundancia de hormigas implica altos porcentajes de defoliación y por tanto limitantes en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas (Narváez, 2014; Pascua, 2014).

En cuanto al sistema convencional, se identificaron un total de 4 familias siendo la más representativa Leptoceridae con 63% seguida por la familia Salticidae con 21.6% este menor número de familias se asocia a una serie de cambios en el suelo desde la implementación del sistema la cual implica la utilización de maquinarias, las practicas de cultivo en la que demandan una serie de insumos lo que de manera negativa afecta las comunidades de macroinvertebrados.

También en el sistema convencional el suelo se mantiene descubierto gran parte del tiempo producto del desmalezado con herbicidas lo que incide en el aumento de su temperatura, así como en la disminución de la humedad. Estos factores disminuyen considerablemente el desarrollo de las comunidades de la macrofauna (Zerbino et al., 2008).

4.7. Salud del suelo en relación a las funciones que desempeñan la biota edáfica

El suelo es un sistema en el cual la mayoría de sus propiedades físicas y químicas, y los procesos que ocurren son mediados por la biota que lo habita (Doran et al., 1996). En este aspecto la composición y diversidad de la macrofauna encontrada durante este trabajo revela algunos aspectos relacionados a la salud del suelo de las áreas de plantación de marango.

La dominancia del grupo de organismos que cumplen funciones de ingenieros como las hormigas y termitas indica potencial cambio en la estructura del suelo, lo que relacionado a la reducción del estado de compactación del mismo es beneficioso. Sin embargo, al relacionar la presencia de estos organismos con la interacción que tienen con el cultivo de marango, se puede afirmar que los suelos con alta presencia de estos organismos presentan un bajo potencial para la sostenibilidad del cultivo de marango, requiriendo identificar medidas de manejo del suelo.

Otro aspecto que orienta sobre la salud de estos suelos, es la alta abundancia proporcional de individuos de la familia Escarabaeidae, cuyo representante es *Phylophaga sp* o gallina ciega que es reportada como importante plaga de raíces de cultivos y lo que en este caso indica un potencial factor limitante, y baja salud del suelo.

En cuanto a la proporción que ocupa la familia Hidrobiidae se puede inferir según Zerbino et al., (2008) que el suelo presentaba una humedad óptima durante el periodo de estudio, lo que facilitó la presencia de especies de esta familia que se reconoce como indicadora de calidad de agua; sin embargo, desde el punto de vista del hábito alimenticio de esta familia, se presenta como factor negativo o de riesgo potencial en su interacción con el cultivo ya que estos organismos son fitófagos u organismos que se alimentan de las plantas, lo que

posiblemente aporte por un lado, a la incorporación de residuos de plantas al sistema, y por tanto al ciclaje de nutrientes, o en otro caso, a ejercer defoliación sobre las plantas.

Otro aspecto de particular interés en cuanto a la presencia de ciertos organismos y la relación con la salud del suelo y por tanto de la planta, es planteado a través de un estudio citado por Altieri y Nicholls. (2005) en el cual fue posible demostrar que la presencia de especies representantes de la familia Lumbricidae, como lo es la lombriz de tierra aun sin considerarlo un efecto directo, disminuye la infestación de nematodos en plantas, propiciando menor efecto inhibitor de la fotosíntesis por parte de los nematodos y por tanto, mejor salud del suelo en su relación con el cultivo.

Debido a lo mencionado anteriormente, se puede afirmar que en el caso de una mayor presencia de lombriz de tierra en el sistema de manejo con enfoque agroecológico es un indicador de una mejor salud del suelo, en comparación al manejo convencional, en donde posiblemente por un mayor nivel de compactación la especie no fue encontrada durante este estudio.

En cuanto a las Familias indicadoras en el sistema de manejo convencional existe predominancia de Leptoceridae e Hydropsychidae, cuyos individuos según Rolan y Martinez (2003) son comúnmente utilizados como indicadores de calidad de agua por ser sus hábitats; aguas corrientes, y pozos, orillas de lagos, y sectores con baja corriente respectivamente. Lo anterior posiblemente como influencia de alta concentración de humedad en el suelo por darse el muestreo finalizando la época lluviosa o durante los primeros meses de la época seca.

Complementariamente la presencia de individuos de la familia Scolopendridae es indicador de alta humedad en la superficie del suelo, que es el hábitat óptimo para ciempiés. En este sentido, la mayor actividad en manejo convencional se da principalmente en la superficie; siendo otro ejemplo, la proporción de registrada por la familia Salticidae, por lo que es difícil determinar aspectos de salud del suelo en este sistema de manejo.

V. CONCLUSIONES

En el estudio se encontró una diversidad de Clases muy similar en ambos sistemas en el sistema agroecológico fueron identificadas 7 Clases siendo estas: Insecta, Oligochaeta Gasterópoda, Diplopoda, Crustácea, Chilopoda, Aráchnida mientras que en el sistema convencional se identificaron 5 Clases Insecta, Oligochaeta Gasterópoda, Crustácea, Aráchnida; para el caso de los Ordenes fueron identificados 9 Ordenes en el sistema agroecológico y 2 Ordenes en el convencional, estos juegan roles específico y de gran importancia en el medio edáfico donde se encuentran, mientras seis individuos no fueron identificados a ningún nivel en el sistema convencional disminuyendo la cantidad de ordenes registrados en este sistema y con relación a las Familias se reportaron 8 Familias en el sistema agroecológico y 4 Familias en el sistema convencional.

En cuanto a la diversidad, esta presentó valores más altos del índice de Shannon-Wiener en el sistema de manejo con enfoque agroecológico encontrándose un mayor número de Clases, Ordenes y Familias esto influenciado principalmente por la presencia de una mayor cobertura vegetal en el sistema agroecológico producto del manejo del cultivo además varió de acuerdo a la intensidad y frecuencia de perturbación en el suelo en ambos sistemas.

En ambos sistemas se encontraron organismos que juegan roles específicos y de gran importancia en el medio edáfico tal es el caso de las hormigas, lombrices de tierra, y las termitas, las cuales pueden inferir en las propiedades físicas del suelo y de esta maneras mejorar la porosidad, aeración y de la conductividad hidráulica, transportan grandes cantidades de material orgánico al interior del suelo contribuyen significativamente en el ciclo de nutrientes.

En cuanto a la salud del suelo, a partir de la composición, diversidad y rol de la macrofauna encontrada se puede concluir que es un suelo con una salud buena a baja en cuanto al cultivo de marango, ya que especies como termitas y gallina ciega son plagas de este cultivo.

VI.RECOMENDACIONES

Realizar monitoreo y evaluaciones en los meses de invierno para determinar diferencias o cambios en la composición y diversidad de macro invertebrados; y así poder conocer más sobre la dinámica de esta en el suelo.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agroambiental. 2011. Manejo agroecológico de cultivos. (en línea) Sl. Consultado 5 feb 2014. Disponible en <http://agroambiental-6.blogspot.com/2011/08/manejo-agroecologico-de-cultivos.html>
- Ararat, MC; Aristizabal, M. 2002. Efecto de cinco manejos agroecológicos de un Andisol (Typic Dystrandept) sobre la macrofauna en el municipio Piendamó, departamento del Cauca, Colombia.
- Artigas, J. 1994. Entomología económica, insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario (nativos, introducidos, y susceptibles de ser introducidos). Concepción, Chile. Ed. Universidad de Concepción, 1 v, 1126 p.
- Bandeira, AG; Vasconcelos, A; Silva, MP; Constantino, R. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a Highland Humid Forest in the Catinga Domain, Brazil. *Sociobiology*. 42: 117p.
- Benito, N; Pasini, A. 2002. Interference of agricultural systems on soil macrofauna. In International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystem for Sustainable Agriculture. Londrina, Embrapa Soja. FAO. Documentos/ Embrapa Soja. no.182. 90p,
- Brévault, T; Bikay, S; Maldes, J; Naudin, K. 2007. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. *Soil. Til. Res.* 97p.
- Cabrera, G; Robaina, N; Ponce de León, D. 2011. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba, Pastos y Forrajes. 34:331.
- Caster, JL. 2008. Photographic Atlas of entomology and guide to insect identification .in china 174p.
- Crespo, G; Rodríguez, I. 2000, Contribución al conocimiento del reciclaje de los nutrientes en el sistema suelo-pasto-animal en Cuba. La Habana: EDICA.
- Cunha, H. 2006. Cupins (Isoptera) bioindicadores para conservação do Cerrado em Goiás: Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Ambientales. Universidad Federal de Goiás, Brasil. 79p.
- Curry, JP. 1987. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. II. Factors.
- Damián, MH; Aragón, GA. 2011. Manejo Convencional y Agroecológico Del Maíz en Tlaxcala y Su Impacto en la Productividad. (En línea). Puebla, MX. Consultado 5 feb 2014. Disponible en <http://www.alasru.org/wp-content/uploads/2011/07/GT2-Miguel-%C3%81ngel-Dami%C3%A1n-Huato.pdf>

- De saint, S.A: Broin, M. sf. Growing and processing moringa leaves. Moringa association of Ghana. 36 pp.
- Doran, JW; Sarantonio, M; Liebig, M. 1996. Soil health and sustainability. *Advances in Agronomy* 56: 1-54.
- Espinoza, JR; Sevilla, SL. 2010. Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de Moringa oleífera en suelo franco arcilloso, Universidad Nacional Agraria (UNA), Managua, Nicaragua. Tesis. Ing. Zootecnia. Managua, NI, UNA. 45p.
- FAO, (Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura), 2002. Soil biodiversity and sustainable agriculture. In International Technical Workshop on Biological Management of Soil Ecosystems for Sustainable Agriculture. Londrina, Embrapa Soja. FAO. Documentos/ Embrapa Soja. no.182. 1-68.
- Gunadi, B; Verhoef, HA. 1993. Theflow of nutrients in a Pinus merkusiiforest plantation in Central Java: thecontribution of soilanimals. *EuropeanJournal of SoilBiology*. 29: 133-139
- Holdridge, L R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, CR, IICA.. (Serie n° 34) 216p.
- Holldobler, B; Wilson, EO. 1990. The Ants. Belknap Press, Cambridge, Massachusetts
- Huerta, E.; Rodríguez, J.; Castillo, IE.; Montejo, E.; Cruz, García, R.2008 Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*. 26 (2):171-181 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI) 2009. Informe meteorológico. Managua, NI.
- Jiménez, J. 2002. El arado natural: Un recurso natural aprovechable pero poco conocido, 41p.
- Lawrence, A; Hawthorne, W. 2006. La identificación de plantas: la creación de guías de campo fáciles de usar para la gestión de la diversidad. (en línea). Estados Unidos. 256p. Consultado 9 abr. de 2015. Disponible en http://books.google.com.ar/books?id=CNFuyOVTSf4C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24:93
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science.*Soil Sciences*. 165:73
- La velle, P; Spain, AV. 2001. Soil Ecology.Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654p.
- Lavelle, P. 2002. Functional domains in soils. *Ecological Research* 17:441-450.

- Lavelle, P; Senapati, B; Barros, E. 2003. Soil macrofauna. In: Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods. (Ed. G. Schroth & F.L. Sinclair). CABF Publishing, UK. p. 303
- Lavelle, P; Decaens, T; Aubert, M; Barot, S; Blouin, M; Bureau. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.* 42:3-15,
- Lee, KE. 1985. Earthworms: their ecology and relationships with soils and land use. New York, Academic Press. 411 p.
- Linares, D. 2009. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco, Perú.
- López, SJ; Urcuyo, J 2009. Moluscos de Nicaragua II Gastropodos. de Nicaragua 184p.
- Masters, GJ. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes: *Ecological Studies* 173:93-112.
- Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y tesis EA, vol.1 Zaragoza, 84p.
- Narváez, U. 2014. Establecimiento y manejo inicial en plantaciones de (*Moringa oleífera* Lam), en dos unidades productivas de la universidad Nacional Agraria. Tesis. Facultad de recursos Naturales y del Ambiente. Managua/Nicaragua. 32p.
- Navia, JF.; Dávila, GA. 1999. Comportamiento de algunas propiedades físico-químicas del suelo en un sistema en callejones maíz-matarratón: Agroforestería para la Producción Animal Sostenible. Cali, Colombia.
- Noumman, W.; Siddigui, MT.; Basra, SM.; Afzal, I.; Rehman, H. 2012. Enhancement of emergence potential and stand establishment of *Moringa oleifera* Lam. by priming. *Turkey Journal Agriculture and Forest.* No. 36. 227-235p
- Palada, M.C; Chang, L.C. 2003. Suggested cultural practices for moringa. Asian Vegetable Research and Development Center. 6 pp.
- Pascua, G. 2014 Ensayo de cuatro procedencias de marango (*Moringa Oleífera* Lam) En la finca Santa rosa Universidad Nacional Agraria Nicaragua. Tesis. Facultad de recursos Naturales y del Ambiente. Managua/Nicaragua. 32pp.
- Pashanasi, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana. *Folia Amazónica.* 12:75
- Primavesi, A. 1982. Manejo ecológico del suelo. Ed. El ateneo, 5ta edic. Sanchez, S; Reinés, M. 2001. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Rev. Pastos y Forrajes* 24(203):196-198,

- Rousseau, L.; Fonte, S.; Téllez, O.; Hock, R.; Lavelle, P. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecol Indic.* 27:71-82 p.
- Sánchez, S.; Reinés, M. 2001, Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Rev. Pastos y Forrajes* 24(203):196-198,
- Zaldívar S., N; Benítez, D.; Pérez, B.; Fernández, Y.; Montecelos, Y. 2009. Efecto de la vegetación sobre la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas ganaderos Bayamo, Granma Cuba
- Zerbino, MS. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. Universidad de Montevideo, Uruguay. 92 p.
- Zerbino, M.S.; Altier, N.; Morón, A.; Rodríguez, C. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia.* 12:44