

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN LAS SECCIONES
DE AGRONOMÍA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA**

PRESENTADO POR:

CARLOS JAVIER VINDEL PEREIRA

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

2014

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN LAS SECCIONES
DE AGRONOMÍA E INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DE AGRICULTURA**

POR:

CARLOS JAVIER VINDEL PEREIRA

RAMÓN LEÓN CANACA M.Sc

Asesor principal

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS,C.A.

2014



DEDICATORIA

A DIOS OMNIPOTENTE

Por darme la fortaleza para concluir los estudios realizados durante mi carrera de Ingeniería Agronómica , y ser mi apoyo en momentos difíciles y arduos, por sembrar en mi esa paciencia que al final del camino pude cosechar.

A MIS PADRES

Ana Luisa Pereira y René Gerardo Cáceres por darme el apoyo moral, económico y espiritual que me condujo hasta este punto de triunfo con esos regalos que han sido los mejores de mi vida.

A MIS HERMANAS

Olivia Maria Cáceres y Maria Celeste Cáceres que han sido siempre mi fuente de inspiración, orgullo y motivación.

A MIS MAESTROS

Que he conocido a lo largo de toda mi carrera y han sabido compartir y expresar sus conocimientos de una manera elocuente, y estar atentos siempre a la cuestionantes nuestras dando las mejores respuestas por sus experiencias sin egoísmo

AGRADECIMIENTO

A DIOS todo poderoso por permitirme esta experiencia dandome la salud, la fuerza y el ánimo que ha sido necesario.

A MIS PADRES Ana Luisa Pereira y René Gerardo Cáceres por estar cada momento a lo largo de mi vida donde gracias a ellos no me ha faltado nada.

A MIS HERMANAS Olivia Maria Cáceres y Maria Celeste Cáceres por ser mi motivo de orgullo en todo momento y compartir los momentos mas gratos e inolvidables de mi vida.

A UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA por permitir que me formara en sus salones de clases y campo agrícolas donde se forja con sudor y persistencia un futuro con éxito.

A MIS ASESORES Y TUTORES M.Sc.Ramón Canaca y Dr.Elio Durón que me sirvieron de apoyo para poder culminar este trabajo investigativo.

A MIS COMPAÑEROS que mas que mi compañeros se fueron siendo mis hermanos y hermanas gracias por su apoyo en todo momento.

INDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
LISTA DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1. Suelo.....	3
3.2. La diversidad biológica del suelo.....	3
3.2.1. Biota del suelo.....	4
3.3. Macrofauna.....	5
3.3.1. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional.....	6
3.3.2. Características de la macrofauna para su uso como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo.....	9
3.3.3. Grupos funcionales de la macrofauna edáfica.....	11
3.3.4. Patrones de distribución de la macrofauna edáfica mundial.....	12
IV. MATERIALES Y MÉTODO.....	15
4.1. Ubicación del sitio de estudio.....	15
4.2. Materiales y equipo.....	16
4.3. Método.....	16
4.3.1. Diseño del muestreo.....	16
4.3.2. Colecta y titulación de la macrofauna.....	17
4.3.3. Clasificación de los organismos.....	18
4.3.4. Determinación de grupos funcionales.....	19
4.3.5. Determinación de la abundancia biológica.....	20
4.3.6. Determinación de biomasa de los organismos en el suelo.....	21

4.3.7. Densidad de la macrofauna encontrada	21
4.3.8. Análisis de datos y relación suelo – macrofauna.....	22
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
5.1. Referenciación de los puntos de muestreo en las zonas de Agronomía e Investigación Agrícola.	23
5.2. Taxones y grupos funcionales de organismo encontrados en las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura	24
5.3. Clasificación de <i>Lumbricus terrestris</i> según epigeas, endógeas y anécicas.....	30
5.4. Organismos encontrados a 3 diferentes profundidades de suelo.....	31
5.5. Abundancia de la macrofauna encontrada.....	34
5.6. Biomasa de la macrofauna edáfica	35
5.7. Densidad de la macrofauna caracterizada	36
5.8. Análisis comparativo de la macrofauna encontrada	37
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES	43
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	44
ANEXOS.....	52

LISTA DE FIGURAS

Nº	TEMA	Página
	Figura 1. Localización de la Universidad Nacional de Agricultura en el municipio de Catacamas, departamento de Olancho, Honduras.....	15
	Figura 2. Monolito utilizado para la aplicación del método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF, IUBS/UNESCO) Programme.....	17
	Figura 3. Mapa de las zonas omega de Agronomía e Investigación Agrícola de la U.N.A.....	23
	Figura 4. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega Cultivos industriales.....	25
	Figura 5. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega, Investigación Agrícola.....	26
	Figura 6. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega de Hortalizas.....	27
	Figura 7. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega de la vega.....	28
	Figura 8. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona	

omega el olvido.....	29
Figura 9. Gráfico cantidad de organismos encontrados en las zonas	
omega de producción de la U.N.A a diferentes profundidades de	
suelo en cm.....	31
Figura 10. Gráfico del promedio de organismos en base a estratos de uso de	
suelo a diferentes profundidades.....	33
Figura 11. Gráfico representativo general, cantidad de organismos a diferentes	
profundidades de suelo en cm.....	34
Figura 12. Gráfico representativo general, porcentaje de abundancia de organismos	
recolectados en todas las zonas muestreadas.....	35
Figura 13. Gráfico representativo general, biomasa en kg/m ² de los organismos	
recolectados en las zonas seleccionadas.....	36
Figura 14. Gráfico representativo general, densidad de grupo macrofauna	
por hectárea.	37
Figura 15. Comparativo de abundancia de la macrofauna en diferentes cultivos.....	
	38

LISTA DE TABLAS

Nº	TEMA	Página
Tabla 1	Clasificación de <i>Lumbricus terrestris</i> según Lavelle <i>et al.</i>	20
Tabla 2	Clasificación de la riqueza de la actividad biológica.....	20
Tabla 3	Clase de lombriz encontrada en los muestreos realizados.....	30
Tabla 4	Comparativa de las taxas encontradas en los muestreos.....	37

LISTA DE CUADROS

Nº	TEMA	Página
	Cuadro 1. Clasificación de los grupos taxonómicos encontrados.....	18
	Cuadro 2. Densidad porcentual de los grupos taxonómicos encontrados.....	24

LISTA DE ANEXOS

Nº	TEMA	Página
Anexo 1.	Cuadro auxiliar para toma de datos de macrofauna edáfica en el campo....	53
Anexo 2.	Cuadro de la densidad de macrofauna del suelo en las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, Honduras, Catacamas, Olancho.....	54
Anexo 3.	Promedio de organismos organizados por estratos uso de los suelo a diferentes profundidades.....	57
Anexo 4.	Tabla comparativa de riqueza, densidad y biomasa de géneros.....	58
Anexo 5.	Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal, (modificado de Syers & Springett 1983).....	58
Anexo 6.	Taxa de la macrofauna edáfica de las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, Honduras, Catacamas, Olancho.....	59

VINDEL PEREIRA, C. 2013. Caracterización de la macrofauna edáfica en las secciones de Agronomía e Investigación Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura. Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 72 p

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la Universidad Nacional de Agricultura ubicada en el municipio de Catacamas departamento de Olancho, con el objetivo de clasificar y cuantificar la macrofauna edáfica de las secciones de Agronomía e Investigación Agrícola, en el cual se encuentran cultivados, granos básicos y hortalizas. A la vez, comparar el comportamiento de los organismos encontrados en el suelos de los lotes ya mencionados de Agronomía e investigación agrícola donde se centraliza la mayor parte de la producción agropecuaria de la universidad. Ésta investigación se ejecutó de la siguiente manera: Fase uno., consistió en el reconocimiento y georeferenciación de puntos de muestreo con el programa gvSIG. Se tomaron 137 muestras, que están distribuidas en los lotes antes mencionados. Las muestras se tomaron cada 75 metros donde se recolectó la macrofauna edáfica encontrada de 3 diferentes profundidades de suelo cada 10 cm, utilizando el método de muestreo de Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF); Se recolectaron dichos organismos y se organizaron en grupos de acuerdo a su orden taxónomicos, Se realizaron los análisis de todas las muestras recolectadas los cuales fueron: determinación de biomasa expresada en g/m^2 , determinación de abundancia biológica la cual se denominó como riqueza, y densidad de la macrofauna encontrada expresada en número de individuos/ m^2 .

Entre los muestreos realizados a diferentes profundidades se observó como el lote de El Olvido obtuvo la mayor abundancia con 35% del muestreo total en contraste con La Vega que obtuvo el porcentaje mas bajo con tan solo un 7.5% de la muestra total. Tambien se caracterizó el tipo de lombriz presente en base a la clasificación correspondiente a sus hábitos alimenticios donde se obtuvo la presencia de un 98% para la lombrices endógea en todos los campos muestreados

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los elementos más importantes que se conocen ya que por medio de éste se puede obtener el alimento mediante la utilización de prácticas como bien lo es la agricultura, es por eso que este complemento de la alimentación diaria, se debe aprovechar y darle un uso adecuado para que las producciones se lleven a cabo de una manera eficaz y eficiente, se deben realizar las tácticas que sean necesarias para poder determinar si el suelo se encuentra en procesos de deterioro o en estado productivo. La identificación de los indicadores de la calidad del suelo es actualmente un problema universal, debido a la importancia de este recurso para la producción vegetal y para la alimentación animal y humana. Por lo general, se han utilizado un grupo de variables para predecir la salud del suelo, a partir del estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Desde el punto de vista biológico, en la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema se puede tomar en cuenta la macrofauna edáfica.

En este caso será mediante la implementación de diagnósticos y muestreos como por ejemplo lo es la presencia de macrofauna y determinación de materia orgánica aplicando métodos conocidos como el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF).

Cabe argumentar que el grupo macrofauna incluye aquellos animales del suelo que miden más de un centímetro de largo, o que tienen una anchura o diámetro de más de 2 mm. Una diversidad de organismos de suelo se incluye en esta categoría, aunque en éste diagnóstico que se realizó se concentró en los grupos más significativos como pueden ser: lombrices de tierra, termitas, hormigas y escarabajos. Es por este motivo que es de gran importancia caracterizar la macrofauna edáfica con el fin o propósito que las secciones de investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, puedan tener indicadores referentes a el estado del suelo y poder realizar un uso racional del suelo y de esta manera obtener mejores resultados en cuanto a la productividad de sus cultivos.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la actividad biológica de la macrofauna del suelo según su uso en las secciones de Investigación Agrícola y Agronómica de la Universidad Nacional de Agricultura.

2.2. Objetivos específicos

- Clasificar los macroorganismos encontrados en los puntos de muestreo, considerando la profundidad y uso de suelo en las áreas productivas de Agronomía e Investigación Agrícola de la Universidad Nacional de Agricultura.
- General material didáctico que será utilizado como apoyo logístico para el personal de campo y actividades de docencia de la institución.
- Generar indicadores de conservación y perturbación del suelo mediante los análisis a realizar, para tener una herramienta fundamental que ayude a el aprovechamiento y cuidado de los suelos de la Universidad Nacional de Agricultura.
- Cuantificar los grupos de macrofauna encontrada para determinar riquezas poblacionales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Suelo

El suelo es un cuerpo natural creado por fuerzas que actúan sobre materias naturales. Generalmente está constituido de elementos minerales y orgánicos, los cuales difieren de material original que hay debajo de ellos, en morfología, propiedades físicas y constitución, propiedades y composición química y características biológicas.

El suelo consta de cuatro componentes principales: materia mineral, materia orgánica, aire del suelo y agua del suelo. La materia mineral constituye la masa principal de los suelos (90% aproximadamente) Según Tamhane *et. al* (1986), existen suelos muy productivos con altos niveles de macro nutrientes (N P y K) por naturaleza, pero también se da la excepción de estos, que casi no conservan por si mismos la vida de una planta. Los suelos productivos son los que contienen cantidades adecuadas de materia orgánica y otros elementos esenciales que no se encuentran en ella.

3.2. La diversidad biológica del suelo

El problema de la cuantificación de la diversidad biológica constituye uno de los mayores retos que enfrenta la biología en la actualidad. Este reto resulta aún más relevante, cuando está implicada la toma de decisiones cruciales para la conservación de numerosas especies. Este problema ha llevado a muchos investigadores a cuestionar la posibilidad de un inventario total de especies, seleccionando en lugar de ello, especies o grupos de especies y sitios determinados en función de parámetros funcionales, genéticos o filogenéticos (May 1990, Vane-Wright et al. 1991).

La envergadura de esta cuantificación ha cambiado cuando se han “descubierto” nuevas fronteras de diversidad. Así, en las décadas pasadas, y con base en los estudios de la entomofauna del dosel de árboles tropicales, se propuso que la diversidad total había sido subestimada y que el número de especies a descubrir cambiaba de unos dos millones a valores en el orden de los 10 a los 80 millones (Edwin 1982, 1988; Stork 1988, Gaston 1991, Hodkinson 1992).

3.2.1. Biota del suelo

La parte más diversa de la tierra, biológicamente, es el suelo. Cuando se habla de biota se hace alusión a todos aquellos organismos vivos que desempeñan un papel importante en este caso, en el suelo, ya que estos influyen de manera positiva sobre factores como: la entrada y el almacenamiento del agua, fortalecen el suelo contra erosiones, contribuyen a las plantas de manera que facilitan su nutrición, también contribuyen en la descomposición de la materia. La biota ayuda a acelerar el proceso de degradación de la materia y simplificar sus componentes de manera que estos se encuentren disponibles para las plantas en el suelo. La presencia de estos meso organismos y macro organismo va a depender máxime de la fertilidad y cobertura del suelo además del manejo de los residuos de cosecha (Jaramillo, 2008).

En el grupo de la macrofauna se incluyen aquellos animales del suelo que miden más de un centímetro de largo o que tienen una anchura o diámetro de más de 2 mm. Una diversidad de organismos de suelo se incluye en esta categoría, aunque éste se concentra en los grupos más significativos: lombrices de tierra, termitas, hormigas y escarabajos. Las lombrices de tierra son, probablemente, los invertebrados más importantes en el suelo de regiones templadas; sin embargo, en ambientes tropicales, predominan las termitas y las hormigas (Fátima M.S *et al.* 2012).

Mucha macrofauna desempeña un importante papel en los ecosistemas del suelo, como ingenieros del suelo, que habitan especialmente en ambientes tropicales, e influyen de manera notable en las propiedades físicas y químicas de los suelos, sobre todo, en la creación de macroporos y en la transformación y redistribución de materia orgánica. Otros son trituradores que deshacen la materia orgánica y un buen número de estos grupos son macropredadores (Fátima M.S *et al.* 2012).

Debido a su importante papel en los procesos del ecosistema y a su sensibilidad ante condiciones ambientales, los grupos de macrofauna frecuentemente son utilizados o propuestos como indicadores de la calidad biológica del suelo, por tanto, se consideran un componente determinante de la biota del suelo, indicativos de la biodiversidad de suelo y de los efectos del cambio de uso y prácticas de manejo del mismo. Además, debido a su biomasa, generalmente alta, forman un importante componente de la red alimenticia en el suelo (Fátima M.S *et al.* 2012).

3.3. Macrofauna

La identificación de los indicadores de la calidad del suelo es actualmente un problema universal, debido a la importancia de este recurso para la producción vegetal y para la alimentación animal y humana. Por lo general, se han utilizado un grupo de variables para predecir la salud del suelo, a partir del estado de sus propiedades físicas, químicas y/o biológicas. Desde el punto de vista biológico, en la evaluación del estado de conservación/perturbación del suelo y del ecosistema se puede tomar en cuenta la macrofauna edáfica, la cual agrupa los invertebrados mayores de 2 mm de diámetro (Cabrera, 2012).

Muchos organismos de la macrofauna son importantes en la transformación de las propiedades del suelo, entre ellos: las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), las

termitas (Insecta: Isoptera) y las hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae), que actúan como ingenieros del ecosistema en la formación de poros, la infiltración de agua y la humificación y mineralización de la materia orgánica. Otra parte de los macroinvertebrados intervienen en la trituración de los restos vegetales (e.g. Coleoptera, Diplopoda, Isopoda, Gastropoda) y algunos funcionan como depredadores de animales vivos de la macrofauna y la mesofauna edáfica (e.g. Araneae, Chilopoda) (Cabrera, Robaina, Ponce de León, 2011a).

Las comunidades de la macrofauna varían en su composición, abundancia y diversidad, en dependencia del estado de perturbación del suelo causado por el cambio de uso de la tierra, lo que permite valorar estas comunidades como bioindicadores de calidad o alteración ambiental, como bien lo son las lombrices de tierra. (Ruiz, 2007; Velásquez et al., 2009; Cabrera, Robaina, Ponce de León, 2011b).

3.3.1. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional

La fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana (e.g. tuzas). Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones microclimáticas que pueden llegar a ser muy fuertes (Lavelle *et al.* 1992).

En los trópicos la macrofauna es la fauna animal más conspicua del suelo e incluye los invertebrados con un diámetro mayor de 2 mm y fácilmente visibles en la superficie o interior del suelo. Entre sus miembros se encuentran los termites, las lombrices de tierra, los escarabajos, las arañas, las larvas de mosca y de mariposa, los caracoles, los milpiés, los ciempiés y las hormigas. De estos organismos, los escarabajos suelen ser los más

diversos (con mayor número de especies), aunque en abundancia predominan generalmente los termites y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra (Lavelle *et al.* 1994).

La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por hectàrea y su biomasa varias toneladas por hectàrea. Su diversidad podría llegar a superar el millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía se carece de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema dado (Ordaz *et al.* 2001).

La macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endogeos y anécicos (Lavelle 1997), presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría (e.g. los endogeos) pueden también tener efectos distintos sobre el suelo (e.g. compactantes y descompactantes). Los epigeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macroartrópodos detritívoros, pequeñas lombrices de tierra pigmentadas), otros comen plantas vivas (larvas de mariposas, caracoles) y otros (arañas, hormigas, ciempiés y algunos escarabajos) son predadores del resto de la fauna.

La función primordial de los epigeos (Lavelle 1997), es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición. Los endogeos, representados principalmente por las lombrices de tierra geófagas y los termites, viven en el suelo y se alimentan de materia orgánica o de raíces (vivas o muertas).

Debido a la baja cantidad y calidad de los recursos nutritivos del suelo, suelen seleccionar partículas más ricas en carbono y tienen que ingerir grandes cantidades de suelo para alimentarse, produciendo consecuentemente amplias galerías y abundantes excretas de diferentes tamaños y composiciones físico-químicas y biológicas. Las galerías pueden

llegar a ser muy profundas y representar una parte importante de la macroporosidad del suelo. Las excretas pueden estar depositadas dentro del suelo o en la superficie y a veces son concentradas en forma de nidos (termes) (Ordaz *et al.* 2001).

Los anécicos, representados por las lombrices de tierra, los termes y las hormigas, se alimentan principalmente de la hojarasca de la superficie (también pueden ingerir estiércol de ganado o excretas de otros invertebrados), pero viven en el suelo formando redes semi-permanentes de galerías y a veces nidos como vivienda y lugar para acumular recursos. Para construirlas, ingieren o transportan grandes cantidades de suelo que alteran la agregación del suelo y producen galerías abiertas hacia la superficie del suelo que promueven la oxigenación e infiltración del agua. Sin embargo, el papel principal de los anécicos está en la reubicación de la hojarasca, cambiando la dinámica de su descomposición y su distribución espacial (Ordaz *et al.* 2001).

Algunos individuos o grupos de la macrofauna (e.g. lombrices de tierra, termes u hormigas) pueden actuar como ingenieros del ecosistema (*sensu* Jones *et al.* 1994) al realizar cambios físicos en el suelo que controlan la disponibilidad de los recursos para otros organismos edáficos, incluyendo las plantas y sus raíces. Con su actividad los ingenieros crean estructuras físicas biogénicas que ejercen un efecto regulador sobre los organismos menores a través de: (1) la competencia por los recursos, principalmente materia orgánica, (2) la activación de la microflora edáfica, vía mutualismos y el “priming effect”, (3) su influencia en el ciclo del carbono y la disponibilidad de nutrientes y (4) cambios en la actividad rizosférica, como el crecimiento de raíces y de poblaciones de organismos rizosféricos (Lavelle *et al.* 1997, Brown *et al.* 2000b).

La actividad de la macrofauna edáfica también puede aumentar o disminuir la productividad del ecosistema. Efectos positivos han sido documentados para las lombrices y los termes (Brown *et al.* 1999b, Cherrett 1986, Lavelle 1997, Lee &

Wood 1971, Lee 1985, Okello-Oloya & Spain 1989, Watson 1977, Wood 1996), mientras que la abundancia al nivel de plaga de algunos organismos como las larvas de los escarabajos rizófagos (especialmente Melolonthidae), hormigas, larvas de lepidópteros herbívoros y caracoles fitófagos, puede causar una considerable disminución de la biomasa aérea o de raíces, complicando el crecimiento y la absorción de agua y nutrientes de las plantas (Villalobos 1994).

Esta relación se muestra en el Anexo 1 como las actividades de la macrofauna, al provocar alteraciones directas a la productividad vegetal (fitofagia) o cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, afectan el crecimiento de las raíces y modifican por lo tanto, el crecimiento vegetal y la cantidad de materia orgánica (base de los recursos utilizados por la flora y fauna edáficas).

Estudiar la composición de la macrofauna en distintos ecosistemas es, por lo tanto, un importante punto de partida para entender sus efectos potenciales en el medio edáfico y en la productividad vegetal. Debido a que cada organismo puede tener una influencia distinta sobre los procesos edáficos y la productividad vegetal, su abundancia o biomasa puede alcanzar umbrales importantes, tanto positivos como negativos (Ordaz *et al.* 2001).

3.3.2. Características de la macrofauna para su uso como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo

En la literatura se han abordado varias características para el uso de un determinado grupo taxonómico como bioindicador, basado en este concepto. Los invertebrados que integran la macrofauna del suelo manifiestan algunos de estos rasgos, lo cual justifica su utilización como indicadores biológicos. Entre ellos se pueden señalar: la ventaja de su diversificación taxonómica y ecológica, sus hábitos relativamente sedentarios, la presencia a lo largo del año, y la posibilidad de que sean manipulados e identificados (tratamiento taxonómico).

También su corto período entre generaciones permite una rápida respuesta poblacional a los cambios ambientales, y su alta densidad y capacidad de reproducción posibilitan un muestreo intensivo, sin que ello provoque desequilibrio en la comunidad (Cabrera, 2012).

Como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo, la macrofauna edáfica debe estar relacionada con atributos físicos y químicos de este, que a la vez manifiestan la productividad del ecosistema. Dentro de este tipo de organismo se encuentran las lombrices de tierra, que, por ser de cuerpo blando y limitada movilidad, son afectadas por factores como el clima, la alimentación, la humedad, la textura y las condiciones químicas del suelo; por lo que manifiestan cambios de composición y abundancia en una corta escala de tiempo (Chocobar 2010). Las lombrices de tierra tienden a prevalecer en ambientes edáficos húmedos, no compactados y con alto contenido de materia orgánica.

También los organismos epígeos con función detritívora, representados fundamentalmente por los diplópodos (milpiés), isópodos (cochinillas), algunos coleópteros (escarabajos) y gastrópodos (caracoles), pueden ser utilizados para indicar el estado de perturbación en el medio edáfico. Ellos viven y se alimentan en la superficie del suelo, con lo que ayudan en el fraccionamiento de la hojarasca y, por ende, en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica. Esta comunidad detritívora, una de las más expuestas en dicha superficie, es muy sensible a los cambios bruscos de humedad y temperatura, por lo que tienden a desaparecer ante estas condiciones de estrés (Cabrera, 2012).

Tal situación puede estar ocasionada por la menor cobertura vegetal y entrada de residuos, así como por la mayor exposición a la radiación solar (Zerbino, Altier, Morón y Rodríguez, 2008). Principalmente la humedad puede influir en funciones vitales de estos organismos, tales como el intercambio gaseoso, la reproducción y la alimentación. Los artrópodos epígeos con función detritívora son más abundantes y diversos en ambientes con una incorporación continua y variada de hojarasca, bajas temperaturas y alta humedad en el suelo.

3.3.3. Grupos funcionales de la macrofauna edáfica

Todos los organismos enlistados como miembros de la comunidad del suelo se asignan dentro de una o más de las cuatro categorías funcionales genéricas basadas en la función particular que desempeñan o en el proceso específico del suelo del que son mediadores. Para interrelacionar organismos específicos del suelo (biodiversidad colectiva) con las categorías genéricas funcionales y, en última instancia, con los servicios del ecosistema (Setälä et al., 1998 citado por Swift et al. 2005) es necesario tomar en cuenta el concepto de grupos funcionales básicos, definido por criterio trófico pero también calificado en función de la respuesta fisiológica, morfológica, de comportamiento bioquímico o ambiental y, de alguna manera, también de acuerdo con sus características taxonómicas. Principales grupos funcionales de la biota del suelo (Swift et al. 2005).

A) Herbívoros: animales que consumen y parcialmente digieren tejidos vivientes de plantas, que incluyen minadores de hojas y de tallos, y chupadores de sabia.

B) Ingenieros del ecosistema (macrofauna como termitas y lombrices de tierra): organismos que causan un impacto físico mayor en el suelo mediante su transporte, construcción de estructuras agregadas y formación de poros, incluyendo el ciclaje de nutrientes. Pueden incluir predadores; por ejemplo, muchas hormigas.

C) Transformadoras de hojarasca (muchas macrofauna y mesofauna, alguna microfauna): invertebrados que se alimentan de desechos orgánicos originados por microbios y por trituradores de este material, haciéndolo más accesible para los descomponedores o favoreciendo el crecimiento microbiano de excretas en forma de gránulos. Esta actividad puede ocurrir a varias escalas espaciales.

D) Depredadores (muchas macrofauna y mesofauna): animales que regulan a los herbívoros, ingenieros del ecosistema, transformadores de hojarasca, descomponedores y microrreguladores por depredación.

3.3.4. Patrones de distribución de la macrofauna edáfica mundial

A finales del año 2000 se habían realizado más de 560 muestreos en el mundo (Fragoso & Brown 2000) usando la metodología desarrollada por el “Tropical Soil Biology and Fertility Programme” (TSBF), descrita en el libro de Anderson e Ingram (1993). Hasta el momento, sin embargo, solo se ha publicado una revisión mundial de 73 comunidades de la macrofauna en 29 sitios (Lavelle *et al.* 1994), que mostró como la biomasa y la densidad en las comunidades de la macrofauna eran dominadas por tres grupos principales: las lombrices de tierra, los termes y los artrópodos epigeos. La predominancia de cada grupo varió de acuerdo al ecosistema, al uso de la tierra y a la región.

La biomasa de lombrices de tierra y termes predominó en la mayor parte de los casos, aunque los termes parecieron ser más importantes en los ecosistemas africanos y australianos, en los bosques y sabanas, y en las zonas más áridas. Las lombrices de tierra tuvieron mayor presencia en los ecosistemas más húmedos y en los pastizales, mientras que los artrópodos epigeos, dependientes de la presencia de hojarasca para su supervivencia, se concentraron en bosques y pastizales (Ordaz *et al.* 2001).

En los últimos años, el estudio de las comunidades de macroinvertebrados del suelo ha comprendido su relación con los procesos físicos, químicos y biológicos de este. Otras investigaciones más recientes han abordado la respuesta de la macrofauna edáfica ante diferentes usos de la tierra, en un gradiente de suelos desde ecosistemas naturales hasta agroecosistemas, con el propósito de generar índices de salud edáfica y manejar algunas poblaciones de invertebrados, como alternativas para el avance de sistemas productivos sostenibles, que a su vez preserven la biodiversidad del suelo (Cabrera, 2012).

A pesar de la intención de estos estudios en la búsqueda de indicadores específicos, a nivel internacional –hasta el momento–, el tratamiento de la macrofauna para indicar el funcionamiento del medio edáfico y del ecosistema se ha realizado a partir de las propias

características de estas comunidades. El comportamiento de su riqueza taxonómica, diversidad, densidad, biomasa y composición funcional se ha usado directamente en la evaluación de diferentes usos y manejos de los suelos (Villalobos *et al.*, 2000; Marín, Feijoo y Peña, 2001; Pashanasi, 2001; Tapia-Coral, 2004; Tsukamoto y Sabang, 2005; Zerbino, 2005; Ruiz, 2007; Zerbino *et al.*, 2008; Huerta-Lwanga *et al.*, 2008).

La eficacia de las lombrices de tierra como bioindicadores del grado de perturbación del suelo, debido a la intensidad del uso de la tierra, ha sido comprobada por diferentes autores (Lavelle *et al.*, 1994; González, Zou y Borges, 1996; Rodríguez, 2000; Feijoo, Zúñiga, Quintero y Lavelle, 2007), los cuales detectaron la afectación de las poblaciones de lombrices en un gradiente desde sabanas y pastizales de los trópicos húmedos, seguidos de bosques primarios, plantaciones de árboles y tierras en descanso, hasta sistemas con alto grado de intervención agrícola, donde estas poblaciones estuvieron desfavorecidas.

Específicamente Rodríguez (2000) apuntó que la destrucción/fragmentación de los hábitats naturales y, como consecuencia, el deterioro del contenido de materia orgánica del suelo debido a la pérdida o transformación de la vegetación original, determinan la disminución de la riqueza y la abundancia de las lombrices de tierra. Por el contrario, otros grupos – como las termitas – adquieren importancia en zonas de cultivos, donde su invasión y agresividad han estado relacionadas con condiciones adversas de temperatura y humedad, así como con el contenido y la calidad del material orgánico en el suelo.

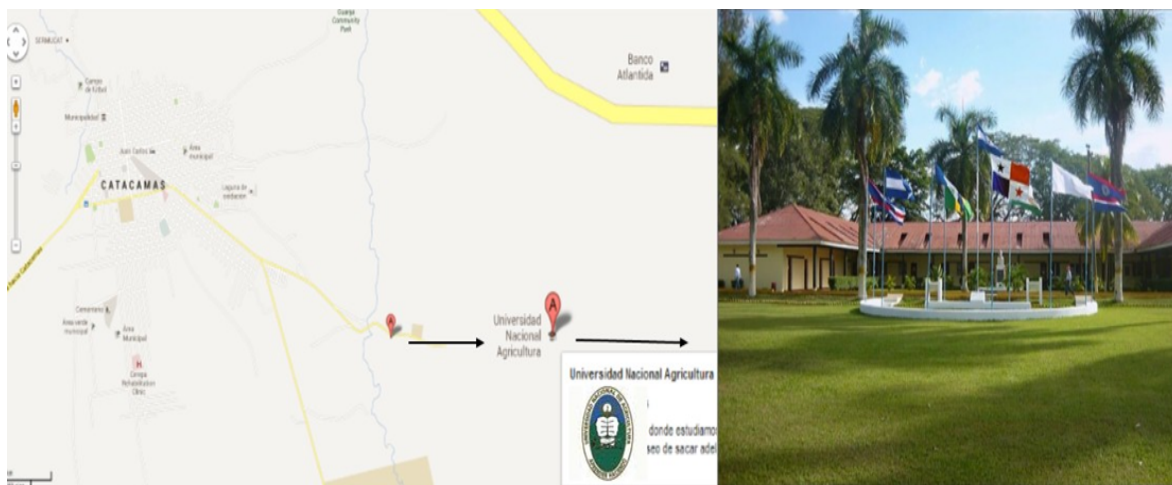
En función de ello, Barros, Pashanasi, Constantino y Lavelle (2002) y Lavelle *et al.* (2003) sugirieron el empleo del índice de la densidad lombrices/termitas, en el cual la dominancia de las lombrices se corresponde con los hábitats conservados, y la prevalencia de termitas – como organismos oportunistas y más resistentes a perturbaciones inducidas – indica hábitats menos conservados o con algún nivel de degradación.

Aunque este índice define a las termitas como grupo oportunista y de rápida colonización, diversos autores plantean los cambios que sufren sus comunidades; primariamente las especies humívoras que habitan en el suelo, a partir de la fragmentación, aislamiento y degradación de los hábitats (Bandeira y Vasconcelos, 2002; Bandeira, Vasconcelos, Silva y Constantino, 2003); mientras que otros las señalan como las primeras colonizadoras en ambientes deforestados, con suficiente material leñoso remanente, en cuya descomposición intervienen (Cunha, 2006). En general, el índice de la densidad lombrices/termitas ha tenido poca aplicación, a nivel internacional, en investigaciones de la macrofauna con tal enfoque.

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Ubicación del sitio de estudio

Este trabajo se realizó en el campus de la Universidad Nacional de Agricultura (U.N.A), la cual se ubica en la región sureste del municipio de Catacamas con coordenadas geográficas de 14° 54' 31'' latitud norte y 85° 55' 31'' longitud oeste del meridiano de Greenwich. Presenta una altitud de 346 m y una precipitación anual promedio de 1200 mm con 153 días de lluvia, una humedad relativa promedio de 74%, la temperatura media anual es de 27-28 °C, con una máxima de 30.2 °C y una mínima de 18.6 °C, en promedio, sin embargo ha llegado hasta los 35 °C, (Servicio Meteorológico Nacional de Honduras 2013).



Posicionamiento obtenido de: Google maps

Imagen elaborada por: Carlos Javier Vindel Pereira

Figura 1. Localización de la Universidad Nacional de Agricultura en el municipio de Catacamas, departamento de Olancho, Honduras.

4.2. Materiales y equipo

Los materiales que se utilizaron para el monitoreo de campo fueron: regla, palas, GPS, libreta de campo, cámara digital, formalina, alcohol, tamiz de malla de 5mm, charola de aluminio, frascos o tubos, vehículo, cinta métrica, cuchillo de cocina, bolsas plásticas y balanza analítica, horno, marco de madera 25 x 25cm, programas informáticos.

4.3. Método

- Puntos de muestreo

Para determinar los puntos de muestreo, inicialmente se georeferenció el área de interés mediante el uso de gps. Posteriormente con el programa gvSIG 1.11 se generó el polígono de las áreas de investigación agrícola y agronomía.

Una vez generados los polígonos, se procedió a generar una capa de puntos, la cual indicó los sitios donde se realizarán los muestreos de la macrofauna edáfica. Dichos puntos fueron separados a una distancia de 75 metros para obtener la malla de puntos.

- Localización de puntos y muestreo

Una vez obtenidos los puntos, se utilizó el gps para introducir las coordenadas en el mismo y ubicarlos por medio de rutas. Al localizar el punto se procedió a realizar el monolito donde se determinaron las variables biológicas.

4.3.1. Diseño del muestreo

- **TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility)**

El método de Tropical Soil Biology and Fertility utilizado presenta en la (Figura 3) un diseño de un monolito de tierra extraído del suelo el cual posee como área 625 cm

cuadrados contando con una profundidad asignada de 30 cm, que es diseccionado en 3 partes iguales donde cada parte representa un área de muestreo con respecto a la macrofauna presente en cada monolito obtenido.

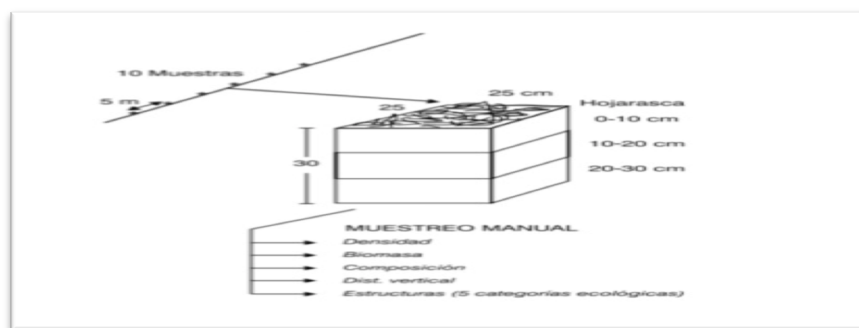


Figura 2. Monolito utilizado para la aplicación del método Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF, IUBS/UNESCO) Programme.

4.3.2. Colecta y titulación de la macrofauna

Se colectó la hojarasca manualmente en el área delimitada por el marco de madera y se almacenó en bolsas plásticas, las cuales fueron rotuladas con el nombre del área donde se recolectaron para la determinación de su peso seco en el laboratorio, luego se tomaron otras tres submuestras, las cuales se extrajeron con una pala siguiendo el área delimitada con la regla, (25cm^2), con una profundidad de 30cm, una vez extraído el monolito se dividió en tres partes cada una de 10 cm, con un cuchillo de cocina para facilitar el corte, esto permitió la extracción de los organismos. Las hormigas fueron extraídas tomando el suelo con la mano para soltarlo a través de un tamiz de malla grande, de 5 mm, en una charola para separar las hormigas del suelo, y almacenarlas posteriormente en bolsas plásticas seguido de su rotulación asignada para ser trasladadas en cajas al laboratorio donde se clasificarán taxonómicamente.

Se diseccionaron los pedacitos de madera en diferentes piezas para ver si existían termitas, hormigas o escarabajos; las pequeñas ramas se rompieron y fueron golpeadas en la charola para que se desprendiera cualquier insecto que contuvieran. Se utilizó un tubo, frasco, charola, bote o bolsa plástica por cada espécimen o población encontrada (o colonia aparente). La rotulación se realizó de la siguiente manera, se añadió una etiqueta dentro en la que se anotaron los datos siguientes:

- Fecha y clave de identificación del lugar.
- En el caso de transectos o monolitos alineados, el número de la sección en el transecto en donde se encontró el espécimen (1, 2,3 o 4).
- El microhábitat en cuestión (madera nueva, madera seca, madera podrida, Montículo, suelo, hojarasca, suelo de raíz de árbol, etc.). (según manual de biología de suelos tropicales).

4.3.3. Clasificación de los organismos

Los organismos recolectados fueron separados en categorías taxonómicas como su clase, orden, familia, y especie.

Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común
Insecta	Coleóptera	Scarabacidae	Phyllophaga sp.	Gallina ciega
	Coleóptera	Curculionidae		Escarabajo
	Coleóptera	Scolytidae		Escarabajitos
	Coleóptera	Elateridae	Agriotes ipsilon	Gusano de alambre
	Hemíptera	Pentatómidae	Disdercus sp	Chinche
	Hymenoptera	Formicidae	Solenopsis sp	Hormigas
	Hymenoptera	Formicidae	Atta sp	Zompopo
	Isóptera	Termitidae	Psammotermes allocerus	Termitas
Diplopoda	Spirobolida	Spirobolidae	Spirobolus marginatus	Milpies
Chilopoda	Geophilomorfa	Himantaridae	Haplophilus subterraneus	Cienpies
Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus terrestris	Lombriz de tierra
Arachnida	Araneae	Araneidae	Araniella sp	Araña

Cuadro 1. Clasificación de los grupos taxonómicos encontrados

4.3.4. Determinación de grupos funcionales

Se organizó la macrofauna encontrada en grupos funcionales tomando como punto de partida los datos presente en el (Anexo 5) que fueron representados porcentualmente dentro de diagramas clasificados por las zonas (Investigación Agrícola, Cultivos Industriales, Hortalizas, La Vega y El Olvido), donde se establecieron las siguientes ecuaciones para su determinación:

Donde:

E.Z = Especie en la zona

T.O.Z = Total de organismo en la zona

$$\% \text{ de abundancia} = \frac{\# \text{ de E.Z} * 100}{T.O.Z}$$

Ejemplo:

Cálculo de abundancia porcentual de *Phyllophaga sp* dentro del grupo funcional (plaga) en la zona de cultivos industriales

$$\% \text{ de abundancia} = 68 * 100 = 6800 / 241 = 28.2\%$$

Se realizó una sumatoria de porcentajes de las especies pertenecientes a cada grupo funcional para determinar su abundancia en cada zona analizada.

Como apoyo visual para la determinación de las lombrices según Lavelle, se utilizó la siguiente tabla:

Tabla 1. Clasificación de *Lumbricus terrestris* según Lavelle *et al.* 1997.

Hábito	Pigmentación	Tamaño	Madriguera	Alimentación
Anécicas	No	Grande	Verticales	Ambos
Endógeas	Dorsalmente	Medio	Horizontales	Suelo
Epígeas	Si	Pequeño	Rara vez	Restos vegetales

4.3.5. Determinación de la abundancia biológica

La determinación del factor abundancia se realizó de manera visual sobre los sitios de muestreo, estableciendo criterios de clasificación de sus géneros taxonómicos y su presencia expresada numéricamente se denominó (riqueza), esto en relación a su densidad y biomasa obtenida.

La riqueza fue representada como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de la riqueza de la actividad biológica.

Cantidad de organismos	Riqueza
0	Ninguna
1-20	Poca
20-60	Común
>60	Mucha

4.3.6. Determinación de biomasa de los organismos en el suelo

Para estimar la biomasa se necesitaron factores como lo es el peso de los individuos y el área de la muestra. La medición del peso se realizó utilizando una balanza digital de preferencia (mayor precisión) y esta se puede estimar en g/m², se utiliza el peso fresco o la masa de un espécimen parcialmente seco.

Ecuaciones para expresar el cálculo de la biomasa:

$$\text{Biomasa g/m}^2 = \frac{1\text{m}^2 * \text{peso de individuos por muestra (gr)}}{0.562\text{m}^2 (\text{área de la muestra})}$$

4.3.7. Densidad de la macrofauna encontrada

Se procedió a la determinación de abundancia, la cual fue expresada de igual manera que la densidad. Se contabilizó la macrofauna encontrada en la hojarasca como también en las submuestras de suelo para realizar una medición de la densidad de estos individuos cada 25cm² y en base a sus capas de profundidad del suelo definidas, cada 10 cm y se realizó un promedio de individuos/m² al final. La densidad fue calculada en base a las muestras de 0.562m², dicho de otra manera, el largo aproximado del monolito (25cm) más el doble de zanja (50cm). El calculo de densidad fue consevido mediante la siguiente ecuación:

$$\# \text{ de individuos/m}^2 = \frac{1\text{m}^2 * \# \text{ individuos por muestra}}{0.562\text{m}^2 (\text{área de la muestra})}$$

4.3.8. Análisis de datos y relación suelo – macrofauna

El análisis de datos se realizó mediante un sistema analítico multivariado de Cluster a través del programa estadístico de SAS versión 9.1; con el objetivo la clasificación homogénea de individuos de grupos diferentes, en relación a variables cuantitativas o cualitativas. Cabe argumentar que se tomará un predio de la Universidad Nacional de Agricultura que corresponde a un mini bosque del cual se extraerán 10 muestras con el motivo de comparar los resultados que se obtuvieron durante el análisis estadístico Cluster, suponiendo que éste predio mencionado cuenta con una diversidad biológica abundante al estar en un medio natural sin intervención de prácticas culturales producto de la agricultura.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Referenciación de los puntos de muestreo en las zonas de Agronomía e Investigación Agrícola.



Figura 3. Mapa de las zonas omega de Agronomía e Investigación Agrícola de la U.N.A.

Se georeferenciaron 137 puntos donde se obtuvo cada muestra ilustrada en el mapa de la (figura 4), tomando en cuenta las zonas de producción omega de la Universidad Nacional de Agricultura: Investigación Agrícola (I.A), Cultivos Industriales (C.I), El olvido (E.O),

Horatalizas (H), Granos y Cereales (G.C) y la vega (L.V).

5.2. Taxones y grupos funcionales de organismo encontrados en las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura

La *Lumbricus terrestris* fue el organismo mas encontrado en los puntos muestreados con un total de 45% en relación a todas las taxas encontradas de las cuales se eligieron las de mayor relevancia determinada por su % de precencia donde la *Phyllophaga* sp o gallina ciega como es conocida comunmente obtuvo un 24.64% de precencia en los muestreos realizados a su vez tambien se destacó la clase Chilopoda mejor conocida como Cienpies con un 18.74% de la muestra total de las taxas encontradas.

Cuadro 2. Densidad porcentual de los grupos taxonómicos encontrados

Nº	Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	% del total
1	Insecta	Coleoptera	Scarabacidae	Phyllophaga sp.	Gallina ciega	24.64
2		Coleoptera	Curculionidae		Escarabajo	2.59
3		Coleoptera	Scolytidae		Escarabajitos	2.39
4		Coleoptera	Elateridae	Agriotes ipsilon	Gusano de alambre	1.36
5		Hemíptera	Pentatómidae	Disdercus sp	Chinche	1.49
6		Hymenoptera	Formicidae	Solenopsis sp	Hormigas	-
7		Hymenoptera	Formicidae	Atta sp	Zompopo	-
8		Isóptera	Termitidae	Psammotermes allocerus	Termitas	-
9	Diplopoda	Spirobolida	Spirobolidae	Spirobolus marginatus	Milpies	1.81
10	Chilopoda	Geophilomorfa	Himantaridae	Haplophilus subterraneus	Cienpies	18.74
11	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus terrestris	Lombriz de tierra	45.53
12	Arachnida	Araneae	Araneidae	Araniella sp	Araña	1.42

Discutiendo los diagramas que se presentan en esta sección referente a los grupos funcionales, cabe argumentar que no se cauntificaron las especies: *Atta sp*, *Solenopsis sp*, *Psammotermes allocerus* (Zompopo, Hormiga y Termitas) respectivamente, debido a sus altas densidades poblacionales pero se representó su ausencia y presencia en las zonas inspeccionadas. Para mejor comprensión de los diagramas complementar información con (Anexo 6).

Para la zona omega de Cultivos Industriales se obtiene un 49.4% con respecto al factor transformadores del suelo integrado por : Lombriz de tierra, Milpies, Termitas y Gallina ciega, éste último es un punto de discusión en base a el dilema que produce ya bien como transformador o como plaga, presentando un 28.2% de la plaga encontrada en la zona, siendo el 57% del grupo funcional de los transformadores de hojarasca, comparado contra un 42.85% que representa la lombriz de tierra en este mismo grupo funcional. Cabe argumentar que sería óptimo realizar un análisis mas detallado sobre el tipo de *phyllophaga spp* presente ya que hay ciertas que se alimentan o bien de desechos o maxime de raices incluso estiércol para determinar un control fitosanitario; ya que las perdidas en los cultivos serían mayores a la ganancias con respecto a su aporte en el factor suelo.

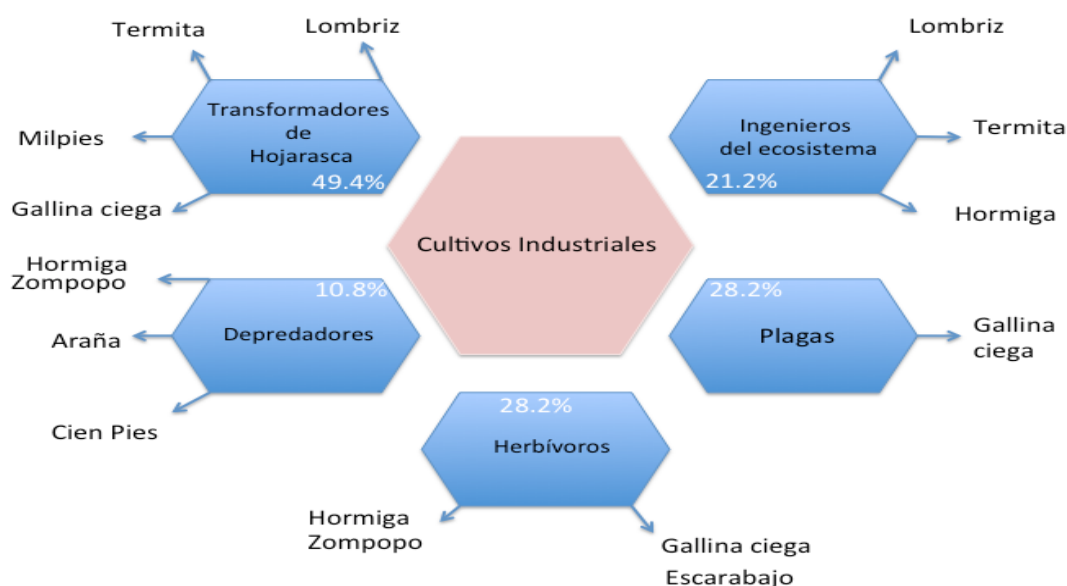


Figura 4. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega

Cultivos industriales.

En la zona de Investigación Agrícola se observan dos puntos a favor: 1) Que el número de ingenieros del ecosistema oscila entre un 42%; 2) Que el número de Transformadores de Hojarasca se encuentra en un 62.7%. Haciendo énfasis en el punto con respecto al resultado observado en la figura 5 en cuanto a transformadores de hojarasca donde existe una mayor precensia de *Phyllophaga spp* contra la lombriz de tierra con porcentajes de 42.85% y 57% respectivamente, lo que es contrario a la abundancia que encontramos en esta zona referente a estos dos organismos como observamos en la figura 6 posee un 62.7% de transformadores de los cuales la *phyllophaga spp* y la *Lumbricus terrestris* representan el 29.14% y 66.9% respectivamente.

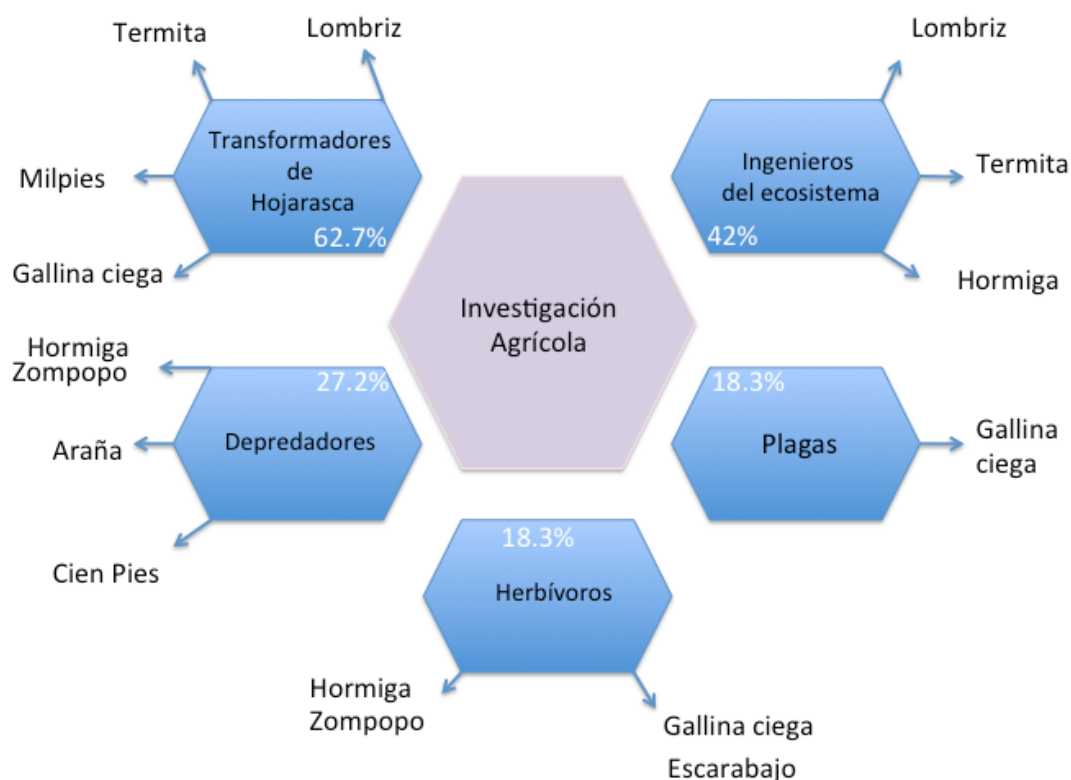


Figura 5. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega, Investigación Agrícola.

Es necesario destacar para esta zona un índice de abundancia de plaga hasta de un 32.6%, un valor que es necesario controlar ya que bien la *Phyllophaga* es un transformador de la Hojarasca pero en una sección de Hortalizas donde los cultivos son muy susceptibles a estas plagas es necesario realizar un control o bien mediante solarización o mediante trampas para determinar las zonas donde deben realizarse rotaciones de estos cultivos a modo de disuadir el ataque desproporcionado que puede causar la *Phyllophaga spp* en caso de ser de hábito rizófago.

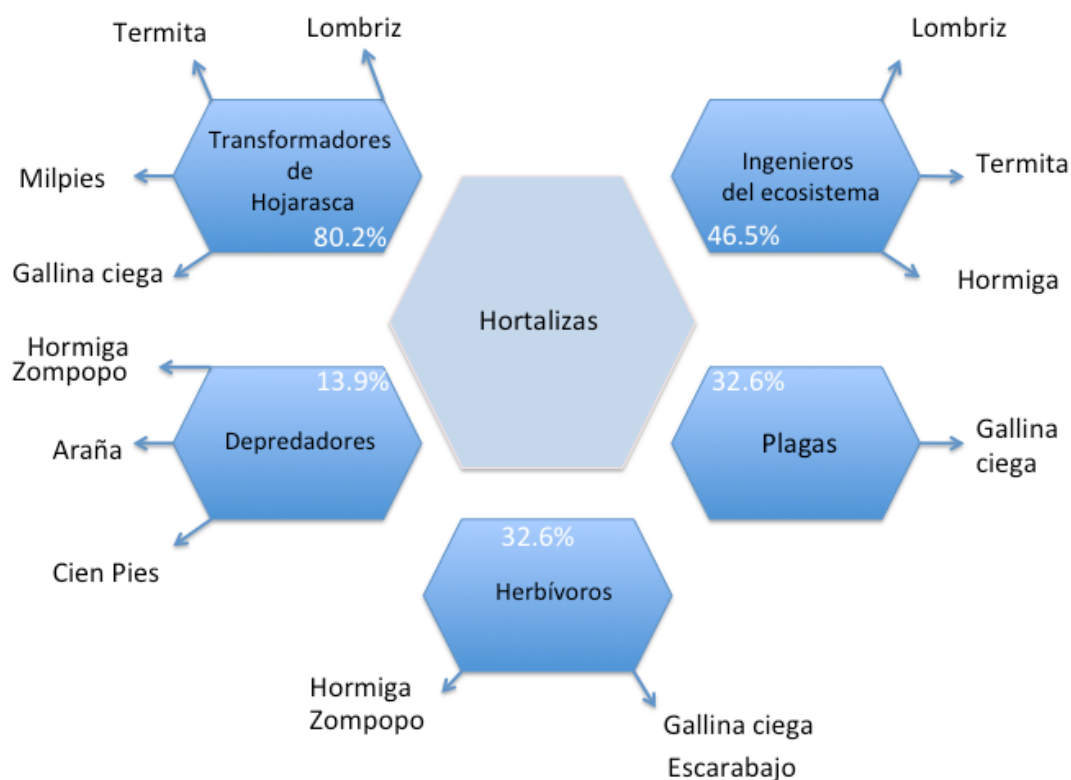


Figura 6. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega de Hortalizas.

Esta zona (La Vega), muy prácticamente podría denominarse como un barbecho siendo muy escasos la precencia de algún cultivo agrícola en ella, donde los que se hicieron

denotar fuerón algunos mangos sembrados en medio de la zona, mencionado eso podemos remarcar ahora los buenos índices de transformadores de hojarasca e ingenieros del ecosistema con valores obtenidos a un 88% y 68% respectivamente. También existe un índice de 20% para la plaga *Phyllophaga spp* que caso contrario a las figuras 5,6 y 7 lo marcabamos como dañino a causa del daño que podría causar a los cultivos en dichas zonas, pero bien no es éste el caso a razón que se encuentra en una zona de barbecho lo que la presencia de este clase contribuye al aspecto conservación del suelo.

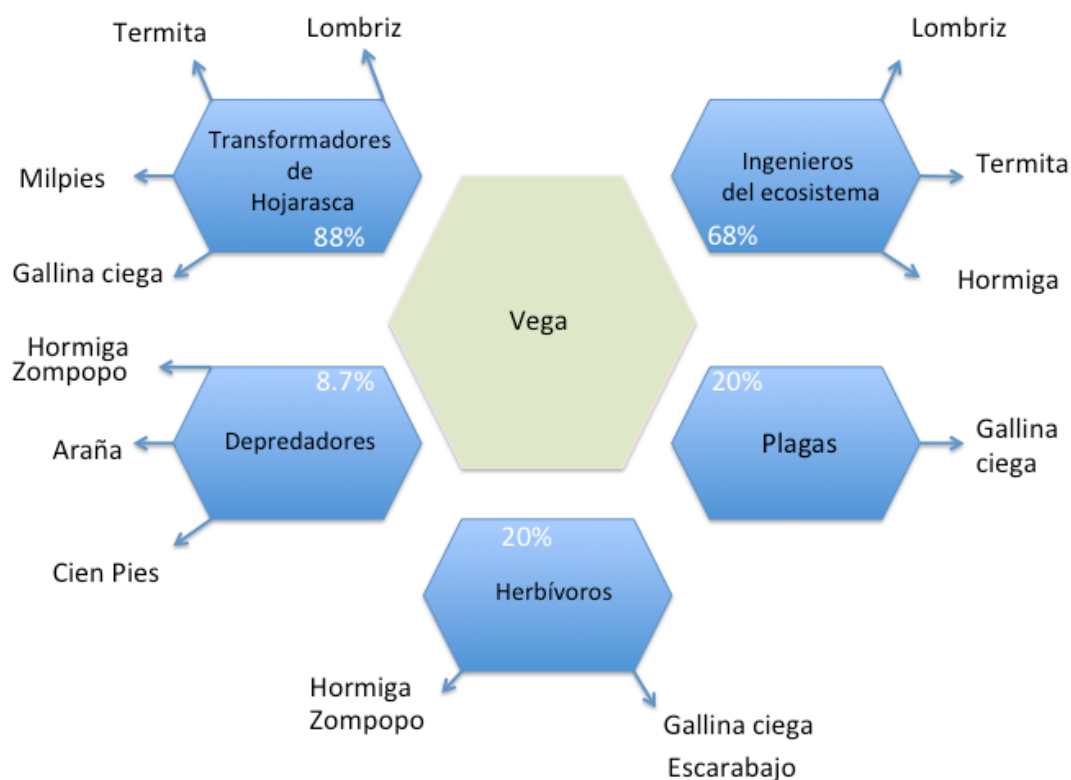


Figura 7. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega de la vega.

En esta zona marcamos buenos índices para el factor de variabilidad biológica siendo una de las zonas mas grandes a su vez con mas presencia de actividad biológica producto de las

constantes practicas de barcecho y siembra de pastizales sobre éste lugar donde se obtiene un valor de 44.4% de actividad biológica total con respecto a las otras 4 zonas analizadas de las cuales posee una presencia de *Lumbricus terrestris* de un 49.2% de todas las zonas omegas donde se realizaron los análisis.

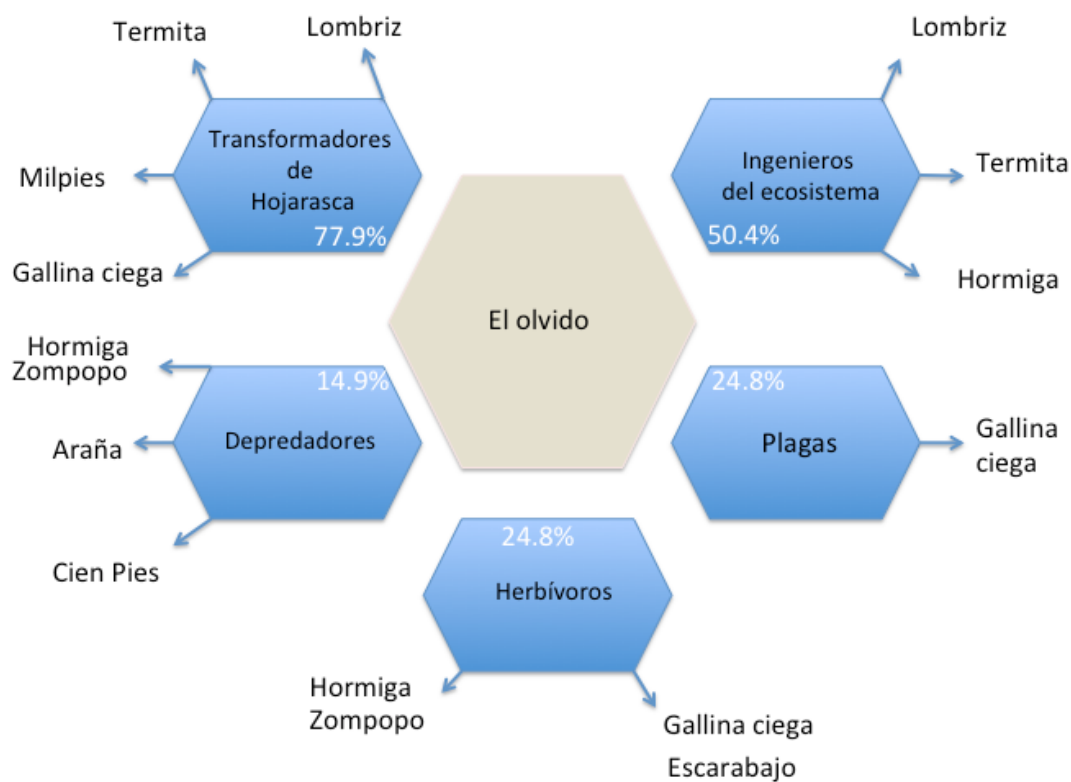


Figura 8. Porcentaje de abundancia de los grupos funcionales en la zona omega el olvido.

5.3. Clasificación de *Lumbricus terrestris* según epigeas, endógeas y anécicas.

Tabla 3. Clase de lombriz encontrada en los muestreos realizados.

Clase	Alimentación	Encontrado
Anécicas	Ambos	No
Endógeas	Suelo	Sí
Epigeas	Restos Vegetales	Rara ocasión

Se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo de las lombrices que fueron recolectadas en las zonas seleccionadas, gracias a ello se pudo determinar que la presencia para la lombriz Anécica en las zonas omegas de la Universidad Nacional de Agricultura, no presentó rastro o no hubo presencia para esta clase; por otro lado se puede argumentar que para la clase Epigeas, su presencia fue escasa, con un 2% de existencia encontrada solo en zonas con alto contenido de restos vegetales en la superficie como en la montañita, donde se puede asumir y determinar que esto ocurrió debido al hábito que presenta esta clase, ya que en las zonas seleccionadas no poseían la materia orgánica suficiente como para poder protegerse de factores ambientales como viento y radiación solar o depredadores ya que estas se encuentran siempre en la capa mas cercana a la superficie del suelo de 0 – 20 cm por motivos de su alimentación basada en restos vegetales.

Se hizo énfasis en la clase Endógea ya que fue la encontrada en todas las zonas muestreadas con un 98% de presencia y donde se determinó su clase debido a su tamaño medio, no pigmentadas, que viven dentro del suelo y su alimentación basada en minerales. Esta especie en particular, la endógea, su presencia se determinó como un indicador biológico de conservación del suelo ya que uno de sus hábitos es desplazarse de manera horizontal por todo el suelo, alimentándose de los minerales encontrados en él y a su vez creando galarias horizontales que permiten una aereación mas eficiente en el suelo; mencionando que los desechos de estos organismos son meramente suelo procesado por lo que reciben el nombre de ingenieros del suelo.

5.4. Organismos encontrados a 3 diferentes profundidades de suelo

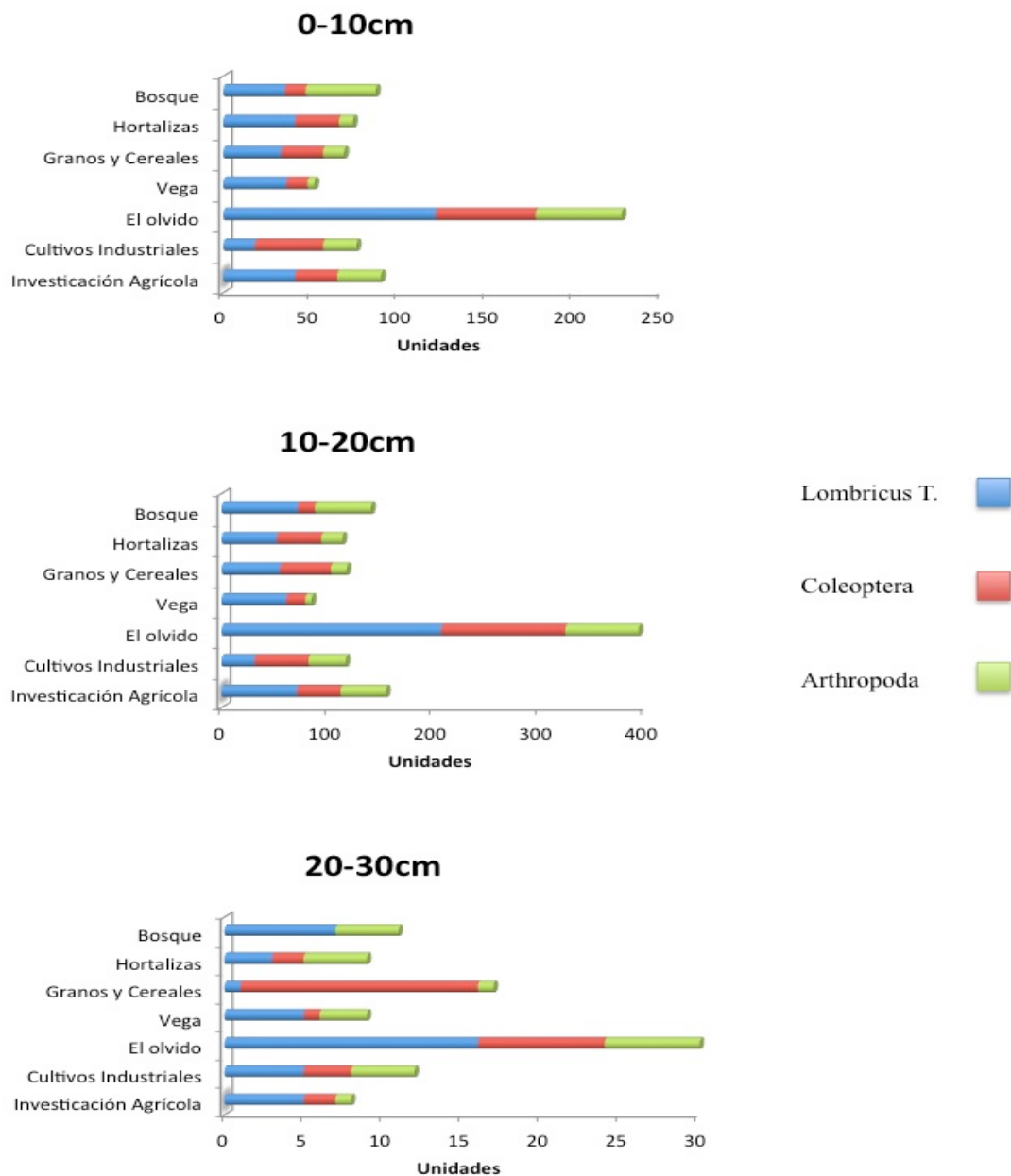


Figura 9. Gráfico cantidad de organismos encontrados en las zonas omega de producción de la U.N.A a diferentes profundidades de suelo en cm.

Se contabilizó la cantidad de organismos en base a las 3 diferentes profundidades de suelo en centímetros en cada una de las muestras tomadas en las secciones omegas elegidas de la Universidad Nacional de Agricultura, las cuales se representarán con un gráfico que esta plasmado en la figura 5, donde se puede observar las fluctuaciones de cada uno de los organismos en este caso, los mas importantes y de mayor presencia en los muestros realizados; uno de los puntos importantes de esta representación es la presencia de estos 3 organismos que se encuentran en las 3 profundidades definidas, los organismo presentes son *Lumbricus terrestris* (lombriz de tierra), Coleopteros (gallina ciega) y el filo Arthropoda (cien y mil pies).

Se puede observar en el gráfico que la presencia de la lombriz de tierra va en descenso con respecto a mayor profundidad de suelo, pero tambien se puede observar que la lombriz de tierra es el organismo mas presente en las 2 primeras profundidades del suelo, 0-10cm y 10-20cm. Se recalca que el lote con mayor presencia de riqueza de organismos es el de el olvido que en su total posee 663 unidades lo cual equivale al 35% de la muestra total en contraste con el lote, La vega que posee un total 142 unidades equivalentes al 7.5% de la muestra total. Cabe mencionar que el lote bosque solo posee 10 muestreos y posee un equivalente a 12.2% lo que es bastante significativo.

Por otro lado para el orden coleoptera se puede aseverar que su presencia en el suelo no esta estrechamente ligada a las diversas profundidades de éste, ya que se encuentras de manera relativamente homogenea en cada una de las profundidades; Para el filo Arthropoda se observa una ligera preferencia a profundidades en el suelo de 10 – 20 cm lo que es debido a su hábito nocturno, ya que durante el día estos ingenieros (cien y mil pies) buscan refugio y su vida mas activa es durante la noche. Podemos argumentar que la mayor actividad y la mayor presencia de organismos hablando respecto a macrofauna, se encuentran en los primero 20 centímetros del suelo.

En la figura se muestra el promedio de los organismo organizados en base a uso del suelo y las diferente profundidades de suelo de los monolitos obtenidos comparados con un testigo, sin bien podemos nombrarle de esa manera, se puede observar una diferencia significativa en cuanto a la presencia de estos organismo en cada estrato de profundidad donde el modo de uso de suelo (barbecho) posee levemente, más organismos que los usos de suelo (Pastizal y Cultivos Agrícolas). Esto hace notorio el desarrollo de la macrofauna del suelo en zonas con menor intervención antropogénica o de escases de prácticas agrícolas.

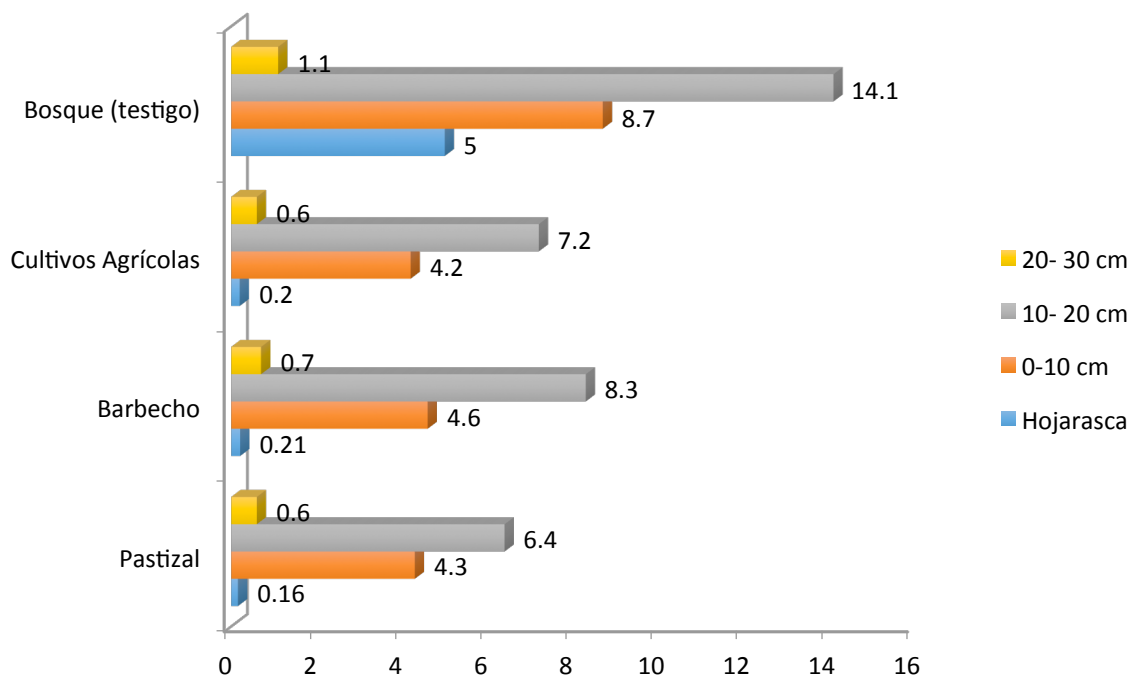


Figura 10. Gráfico del promedio de organismos en base a estratos de uso de suelo a diferentes profundidades.

5.5. Abundancia de la macrofauna encontrada

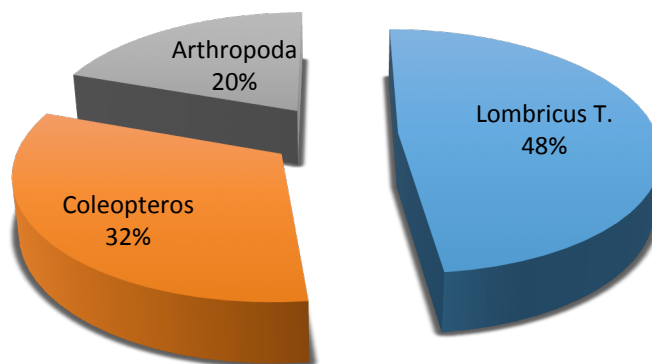


Figura 11. Gráfico representativo general, porcentaje de abundancia de organismos recolectados en todas las zonas muestreadas.

Dentro de los organismos pertenecientes al grupo macrofauna se agruparon 3 grupos principales y de mayor presencia en las muestras recolectadas de las zonas seleccionadas, donde se representan con un gráfico pastel que contiene los porcentajes obtenidos; el mayor porcentaje obtenido se asigna a las *Lumbricus t.* con un 48% de unidades colectadas en las muestras realizadas en 102 Ha lo cual fue el total de área muestreada de las zonas seleccionadas de la Universidad Nacional de Agricultura; el orden coleoptera obtuvo un 32% de presencia mientras que el filo Arthropoda obtuvo un 20% de la muestra, donde el 48% equivale en número a la cantidad de 796 lombricez recolectadas , por otro lado para el 32% corresponden 534 unidades de gallinas ciegas encontradas en todos los muestreos, mientras para el 20% corresponden 323 unidades equivalentes al filo Arthropoda (cien y mil pies).

Se encontraron otros organismos en algunas zonas pero cuya muestra resultó ser despreciable debido a su casi nula presencia, por ejemplo: termitas. Es necesario aclarar

que los 3 presentes tipos de organismos son considerados ingenieros del suelo por ende a pesar de su poca presencia por hectarea , los suelos muestreados tienen buenas bases para comenzar a proliferar estas especies ya presentes y de esta manera mejorar las condiciones del suelo.

5.6. Biomasa de la macrofauna edáfica

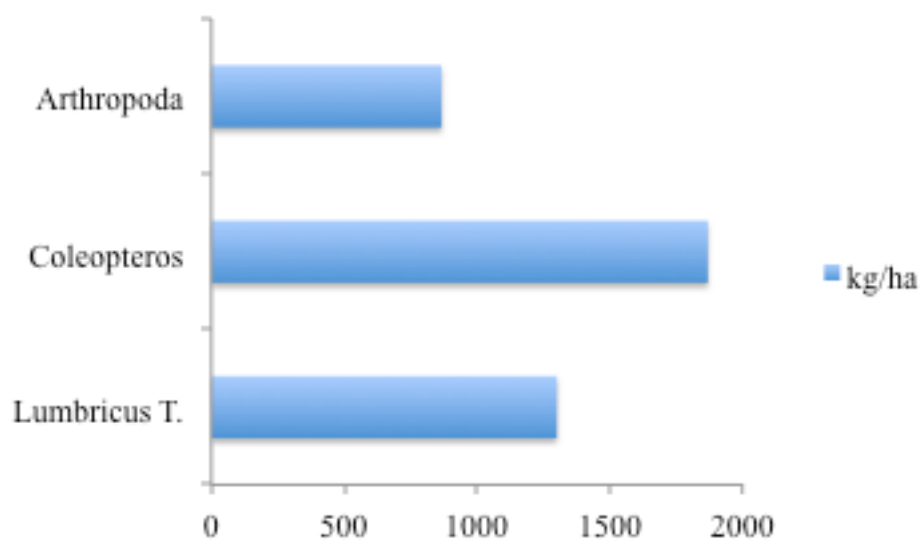


Figura 12. Gráfico representativo general, Biomasa en kg/ha de los organismos recolectados en las zonas seleccionadas.

El gráfico remarca al orden Coleoptera como el que posee el mayor número de biomasa presente en las zonas que fueron muestreadas, como observa en la (figura 12) el género Coleóptera es el más representativo en cuanto a la biomasa con un 47% de los organismos encontrados.

5.7. Densidad de la macrofauna caracterizada

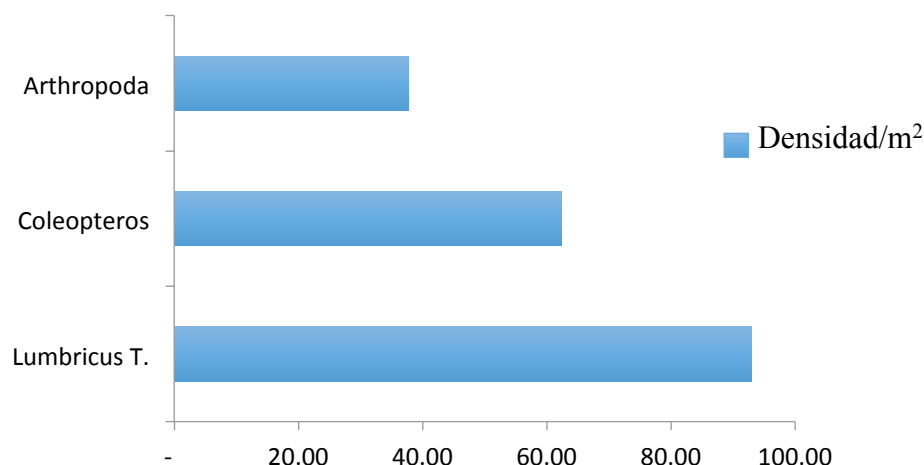


Figura 13. Gráfico representativo general, densidad de grupo macrofauna por m².

Basando el grafico de la figura 13 en los datos obtenidos mediante los muestreo se aprecia que en cuanto a densidades entre los organismos mas significativos, la *Lumbricus terrestris* posee una densidad de 92 individuos/m², seguido por *Phyllophaga spp* con 62 individuos/m², mientras el filo Arthropoda posee 37 organismos o individuos/m², los graficos y resultados siguen demostrando que aunque hay una existencia grande de uno de los ingenieros más importantes del suelo, los resultados no son realmente significativos debido a la escasa presencia de estos organismo que forman parte fundamental del suelo, por lo que se puede aseverar que los suelos bajo análisis estan en malas condiciones biologicamente hablando.

5.8. Análisis comparativo de la macrofauna encontrada

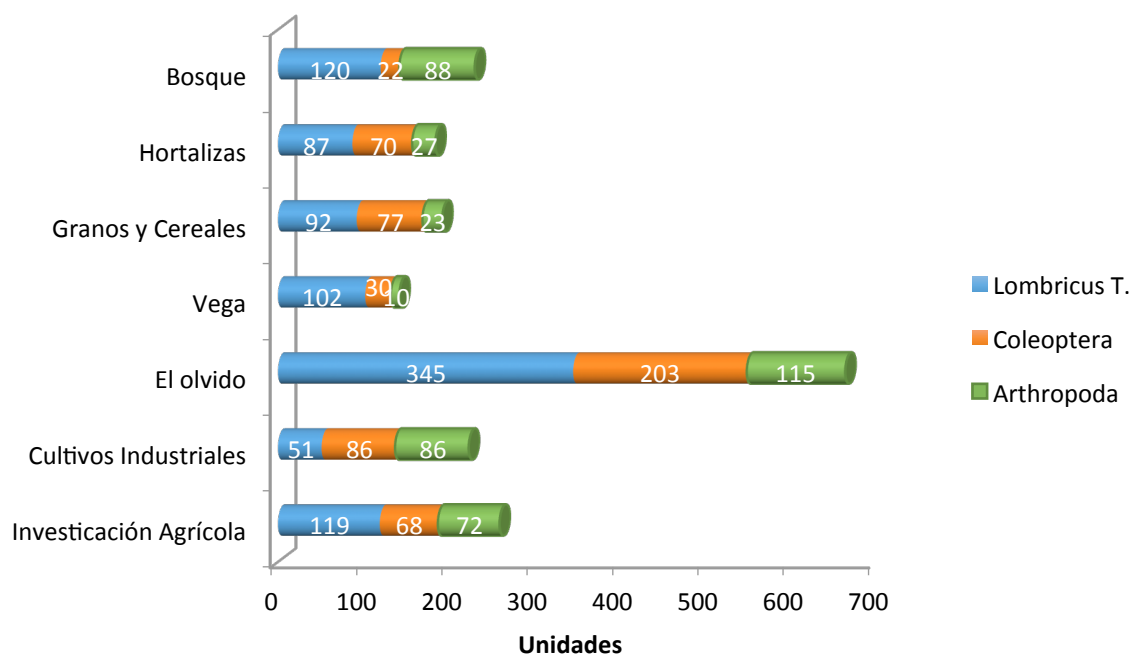


Figura 14. Gráfico representativo de la riqueza de la macrofauna en las zonas de producción del campus universitario.

Table 4. Comparativa de las taxas encontradas en los muestreos.

Taxa	Riqueza	Densidad	Biomasa kg/ha
Lumbricus t.	Poca	7.8	1301
Arthropoda	Poca	3.17	868
Coleoptera	Poca	5.25	1870

En la (Figura 15) se observa una abundancia de 27% *Phyllophaga spp* para el cultivo de *Zea mayz* (maíz) con respecto a la presencia de las otras especies en el mismo cultivo; lo cual es debido a su hábito rizófago en especial de raíces gramíneas como *Sorghum spp* y *Zea mayz*, con respecto al 16% obtenido para el cultivo de palma se puede discutir que éste índice de abundancia es más por la alta existencia de gramíneas en la zona que por la presencia de *Arecaceae* (palma), ya que las prácticas realizadas en esa zona de Investigación Agrícola donde se encuentra éste cultivo se reducen a la implementación de comaleos lo cual consiste en limpiar con una herramienta como el azadón la zona alrededor de la planta. El cultivo más relevante para la clase *Chilopoda* (cien pies) es la palma donde se obtuvo un 49% de abundancia debido a su hábito depredador producto de la abundancia encontrada.

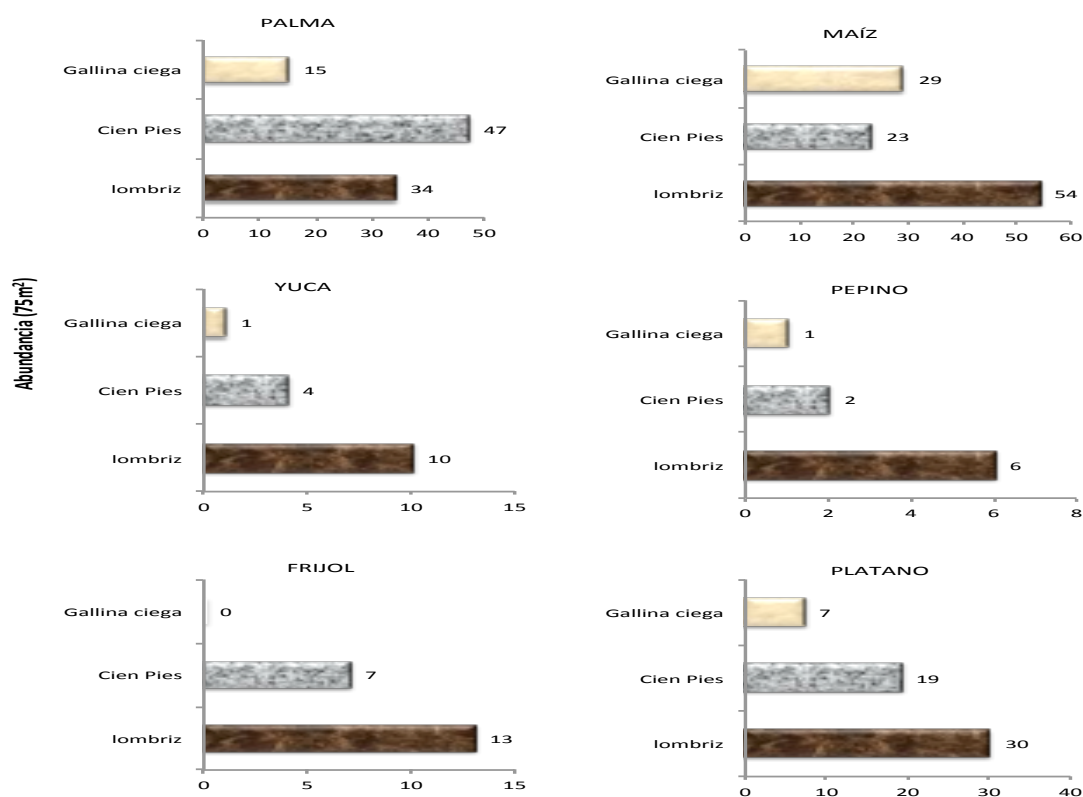


Figura 15. Comparativo de abundancia de la macrofauna en diferentes cultivos.

En la tabla 4 se expresa la riqueza, densidad y biomasa general de la macrofauna edáfica recolectada; se utiliza el término general para hacer énfasis sobre todos los resultados recolectados de los análisis realizados en cada una de las zonas que fueron seleccionadas dentro del campus de la Universidad Nacional de Agricultura, en esa misma tabla comparativa se puede observar que la riqueza de los 3 organismos encontrados no difiere entre ellos, obteniendo todos un resultado de poca presencia (1-20) individuos en cada área que se asignó para cada muestreo, a su vez viendo la tabla desde el punto de densidad general se observa claramente como estos resultados van favoreciendo los presentados en el factor riqueza, ya que presentan una densidad/ha no mayor a un número de 8, cambiando al tercer y último factor se aprecia que para la biomasa/ha no se obtiene al menos 1 kg, estos resultados nos dan una idea clara de la problemática que se observa en las zonas de investigación seleccionadas con respecto a la actividad biológica que se encuentra en un punto crítico si se puede decir de esta manera.

Un argumento que se puede usar referente a los resultados obtenidos, es que pudieron haber variado debido a que el muestreo se realizó cada 75m², eso pudo haber tenido influencia directa sobre el análisis general respecto a la actividad biológica. Cambiando de perspectiva, se tiene también la figura 8, en la cual se ven varios cultivos teniendo como objeto una comparativa entre ellos en relación a la abundancia de la macrofauna encontrada en cada uno, como ser: Pepino, Maíz, Palma, Plátano, Yuca y frijol; El cultivo que obtuvo los índices más altos de lombriz de tierra (*Lumbricus terrestris*), con respecto al factor abundancia fue el maíz donde se aprecia un total de 54 organismos para esta especie lo que se puede relacionar a la cobertura que aporta la planta, se puede relacionar con los números obtenidos de igual manera para el cultivo del plátano y palma.

Hablando de el organismo del género arthropoda (cien pies) los mejores resultados se obtuvieron en el cultivo de palma con un total de 47 individuos/muestra en 75m², y cabe decir “mejores resultados” debido a que este organismo también por parte del grupo macrofauna y sirve como indicador de conservación del suelo debido a sus hábitos en el como facilitar aereación o incrementarla en el suelo ya que por el día hacen sus galerías

buscando refugio y su actividad la realizan durante la noche. Continuando con la argumentación de los muestreos de macrofauna realizados, se puede discutir que el organismo del género Coleoptera (gallina ciega) obtuvo su mayor presencia en los cultivos de maíz al igual que la lombriz, ciertamente cabe mencionar que la gallina ciega también forma parte de los ingenieros del suelo pero su presencia conlleva una desventaja, la cual es su hábito rizofago (se alimenta de raíces) y desechos de materia orgánica en el suelo, lo que causa daños directos en la producción de los cultivos.

VI. CONCLUSIONES

1. La intervención antropogénica de las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía ha provocado un deterioro de la actividad biológica en el suelo.
2. Las zonas de investigación Agrícola y Agronomía se encuentran en un punto de perturbación.
3. La mayor actividad biológica de la macrofauna ocurre entre 10–20 cm de profundidad del suelo.
4. Se generó un trifolio como guía base para cuantificar y clasificar la macrofauna del suelo.
5. Especies más relevantes encontradas *Lumbricus terrestris*, *Phyllophaga spp*, *Haplophilus subterraneus*.
6. La presencia de *Lumbricus terrestris*, *Phyllophaga spp* y *Psammotermes allocerus* (lombriz de tierra, gallina ciega y termita) respectivamente, es un indicador de conservación del suelo.
7. La presencia de *Solenopsis sp* (Hormiga) es un indicador de perturbación del suelo.

8. Se encontró en promedio de 1-20 organismos por muestra lo que indica poca riqueza o actividad biológica en las zonas seleccionadas.
9. Se encontró un 98% de clase Endógea para la especie *Lumbricus terrestris* en toda la investigación.
10. El Olvido posee la mayor abundancia de *Lumbricus terrestris* obteniendo un 49% de esta especie en base a todas las zonas investigadas.
11. La biomasa kg/ha del orden Coleoptera fue la más representativa con un 47% de todas las especies.
12. *Phyllophaga spp* mostró un 55% de preferencia por el cultivo de *Zea mayz* (maíz).
13. *Lumbricus terrestris* presentó preferencia a un 37% para cultivo *Zea mayz*, 23% por *Arecaceae* (palma) y 20% para *Musaceae* (plátano).
14. *Haplophilus subterraneus* (cien pies) mostro un 46% de preferencia por el cultivo *Arecaceae* (palma).

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a la baja presencia de actividad biológica encontrada es necesario establecer períodos de barbechos que permitan una reanimación biológica de la macrofauna.
2. Designar un espacio moderado para un banco de lombricompost y de esta manera multiplicar uno de los mejores ingenieros del suelo (*Lumbricus terrestris*) para integrar este organismo y su abono a las zonas de producción.
3. Realizar prácticas de volcamiento y solarización del suelo un mes antes de la siembra de los cultivos, para exponer al sol y a sus depredadores (aves) las larvas de *Phyllophaga spp.*
4. Realizar análisis químico de suelo de las zonas seleccionadas para expandir la investigación.
5. Determinar que grupos taxonómicos son más sensibles y cuales tienen mayor capacidad de recuperación con respecto a la aplicación de plaguicidas en los cultivos.
6. Designar parcelas experimentales en la zona El Olvido para cuantificar la producción de ciertos cultivos como hortalizas o gramíneas e implementar análisis comparativos de cultivo a cultivo con las zonas más perturbadas.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Agosti, D., Majer, J. D., Alonso L. T. y Schultz T. (eds) (2000) Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Ground-living Ants, Smithsonian Institution, Washington, DC.

Andersen, A. N. (1997) 'Functional groups and patterns of organization in North American ant communities: A comparison with Australia', *Journal of Biogeography*, vol. 24, pp. 433–460.

ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. CAB International, Wallingford, UK. 256 pp.

Anderson J.M. & J.S.I. Ingram. 1993. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods, 2ª edición. CAB International, Wallingford. 221 pp.

Bandeira, A.G. & Vasconcelos, A. 2002. A quantitative survey of termites in a gradient of disturbed highland forest in northeastern Brazil (Isoptera). *Sociobiology*. 39:429

Bandeira, A.G; Vasconcelos, A.; Silva, M.P. & Constantino, R. 2003. Effects of habitat disturbance on the termite fauna in a Highland Humid Forest in the Caatinga Domain, Brazil. *Sociobiology*. 42:117

Brown, G.G., B. Pashanasi, C. Villenave, J.C. Patrón, B.K. Senapati, S. Giri, I. Barois, P. Lavelle, E. Blanchart, R.J. Blakemore, A.V. Spain & J. Boyer. 1999b. Effects of earthworms on plant production in the tropics. Pp. 87-147. En: P. Lavelle, L. Brussaard & P.F. Hendrix (eds.). Earthworm management in tropical agroecosystems. CAB International, Wallingford.

Cabrera, G.; Robaina, N. & Ponce de León, D. 2011a. 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

Cabrera, G.; Robaina, N. & Ponce de León, D. 2011b. Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. Pastos y Forrajes. 34:313 Cherrett, J.M. 1986. Leaf-cutting ants. Agric. Zool. Rev. 1: 1-37.

Cabrera, Grisel. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Pastos y Forrajes 35(4):349-363. (en línea) Consultado el 12 de Jun. 2013. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/2691/269125514007.pdf>

Chocobar, E.A. 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejo en un experimento de larga duración. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias, Colegio de Postgraduados, Edo. de México. 63 p.

Cunha, H. da 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. 79 p.

Daniel F. Jaramillo. 2008. Biota del suelo. Solo resumen. (en línea) Consultado 29 de May. 2013. Disponible en <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.unalmed.edu.co%2F~esgeocien%2Fdocumentos%2Fdjaramillo%2FLA%2520BIOTA%2520DEL%2520SUELO.pdf>

Decaëns, T. y Jiménez, J. J. (2002) 'Earthworm communities under an agricultural intensification gradient in Colombia', *Plant and Soil*, vol. 240, pp133-143.

Eggleton, P., Homathevi, R., Jones, D. T., MacDonald, J. A., Jeeva, D., Bignell, D. E., Davies, R. G. y Maryati, M. (1999) 'Termite assemblages, forest disturbance and greenhouse gas fluxes in Sabah, East Malaysia', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, vol. 354, pp. 1791–1802.

Erwin, T.L. 1982. Tropical forests: their richness in Coleoptera and other arthropod species. *Coleopterists Bulletin*, 36: 74-75. 1988. The tropical forest canopy: The heart of biotic diversity. pp: 123-129. In: E.O. Wilson (ed.) *Biodiversity*. National Academy of Sciences.

Fátima M.S; Moreira, E. Jeroen Huising, David E. Bignell. 2012. Manual de biología de suelos tropicales: Muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. 1. ed. México, DF, s.e. 360 p. C3.19. (en línea). Consultado el 10 de Jun. 2013. Disponible en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/667/cap3.pdf>.

Feijoo, A.; Zúñiga, M.; Quintero, H. & Lavelle, P. 2007. Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*. 30:235

Fragoso, C., Brown, G. G., Patron, J. C., Blanchart, E., Lavelle, P., Pashanasi, B., Senapati, B. y Kumar, T. (1997) 'Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: The role of earthworms', *Applied Soil Ecology*, vol. 6, pp. 17–35.

Fragoso, C. & G.G. Brown. 2000. The Macrofauna database. Pp. 177. En: P. Lavelle & C. Fragoso (eds.). The IBOY-MACROFAUNA project: Report of an international workshop held at Bondy (France) 19-23 June 2000. IRD, Bondy.

Gaston, K.J. 1991. The magnitude of global insect species richness. *Conservation Biology*. 6(3): 283-296.

González, G.; Zou, X. & Borges, S. 1996. Earthworm abundance and species composition in abandoned tropical croplands: comparisons of tree plantation and secondary forests. *Pedobiología*. 40:385.

Hodkinson, I.D. 1992. Global insect diversity revisited. *Journal of Tropical Ecology*, 8:505-508.

Huerta-Lwanga, E.; Rodríguez, J.; Evia-Castillo, I.; Montejo-Meneses, E.; Cruz-Mondragón, M. de la & García-Hernández, R. 2008. Relación entre la fertilidad del suelo y su población de macroinvertebrados. *Terra Latinoamericana*. 26: 71

IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. Glosario del IPCC para el Cambio Climático. Consultado 3 mar. 2006. Disponible en <http://www.greenfacts.org/es/cambio-climatico/toolboxes/glossary.htm>.

Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 24: 93-132. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Sci.* 165: 73-86.

Lavelle, P., E. Blanchart, A. Martin, A.V. Spain & S. Martin. 1992. Impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. Pp. 157-185. En: R. Lal & P.A. Sánchez (eds.). *Myths and science of soils in the tropics*. SSSA Special Publication No. 29, Madison.

Lavelle, P., M. Dangerfield, C. Fragoso, V. Eschenbrenner, D. López-Hernández, B. Pashanasi & L. Brussaard. 1994. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. Pp. 137-169. En: P.L. Woomer & M.J. Swift (eds.). *The biological management of tropical soil fertility*. John Wiley & Sons, Chichester.

Lavelle, P.; Senapati, B. & Barros, E. 2003. Soil macrofauna. In: *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods*. (Eds. G. Schroth & F.L.Sinclair). CABF Publishing, UK. p. 303

Lee, K.E. & T.G. Wood. 1971. *Termites and soils*. Academic Press, Londres. 249 pp.

Lee, K.E. 1985. *Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use*. Academic Press, Sydney. 411pp.

Marín, E.P.; Feijoo, A. & Peña, J. de J. 2001. Cuantificación de la macrofauna en un vertisol bajo diferentes sistemas de manejo en el Valle del Cauca, Colombia. *Revista Suelos Ecuatoriales*. 31:233

May, R. 1990. Taxonomy as destiny. *Nature*, 347:129-130.

Okello-Oloya, T & A.V. Spain. 1989. Comparative growth of two pasture plants from north-eastern Australia on the mound materials of grass and litter-feeding termites (Isoptera: Termitidae) and on their associated surface soils. *Rev. Écol. Biol. Sol* 27: 377-394.

Ordaz *et al.* 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica. 31 p. 3-7. Sólo resumen. (en línea) Consultado el 12 de Jun. 2013. Disponible en http://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_SistFiloBioDiverAntrop/julian_bueno/Brown2001.pdf

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

Pedro Augusto Brissio, CATEDRA DE EDAFOLOGÍA- UNCo, 2003, (en línea) Consultado el 28 de May. 2013. Disponible en <http://www.tesis.bioetica.org/pab4.htm>

Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Rev. Biología*. 14:147

Ruiz, D.H. 2007. Comunidades de macroinvertebrados edáficos en diferentes sistemas de uso de la tierra en la parte media de la cuenca del Río Otún (Risaralda, Colombia). Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Zoología y Ecología Animal, Mención Invertebrados. Universidad de La Habana. 95 p. Stork, N.E. 1988. Insect diversity; facts, fiction and speculation. *Biological Journal of the Linnean Society*. 35: 321-337.

Syers, J. K. & J.A. Springett. 1983. Earthworm ecology in grassland soils. Pp. 67-83. En:

J.E. Satchell (ed.). Earthworm ecology: From Darwin to vermiculture. Chapman and Hall, New York.

Swift, MJ.; Bignell, DE.; Moreira, FM; Huising, EJ. 2005. El inventario de la biodiversidad biológica del suelo: conceptos y guía general (en línea). Consultado el 29 may. 2013.

Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx>.

Tamhane, R.V; Mortiramani, D.P; Bali, Y.P. 1986. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. México. 483 p.

Tapia-Coral, S.C. 2004. Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazônia Peruana. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas, Área Ecología. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Brasil. 135 p.

Tsukamoto, J. & Sabang, J. 2005. Soil macro-fauna in an *Acacia mangium* plantation in comparison to that in a primary mixed dipterocarp forest in the lowlands of Sarawak, Malaysia. *Pedobiología*. 49:69

Vane-Wright R.I., C.J. Humphries & P.H. Williams. 1991. What to protect? Systematics and the agony of choice. *Biological Conservation*, 55: 235-254. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) Número especial 1:1-10 (2001).

Velásquez, E.; Lavelle, P.; Rendeiro, C.; Martins, M.; Barot, S. & Grimaldi, M. 2009. Cambios en las comunidades de plantas influenciados por la macroagregación del suelo a través de las actividades de la macrofauna del suelo en la Amazonía brasileira. Disponible en

http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadedesolo/pdf/Resumos/Painel_3_Velasquez_E.pdf.

Villalobos, F.J. 1994. The contribution of melolonthid larvae to soil fertility. Pp. 129-143. En: Transactions of the 15th World Congress of Soil Science, Vol. 4a. ISSS, Acapulco.

Villalobos, F.J.; Pulido, R.O.; Moreno, C.; Pavón, N.P.; Hernández Trejo, H.; Bell, J. & Montiel, S. 2000. Patrones de la macrofauna edáfica en un cultivo de *Zea mays* durante la fase postcosecha en La Mancha, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 80:167

Watson, J.P. 1977. The use of mounds of the termite *Macrotermes falciger* (Gerstaecker) as a soil amendment. *J. Soil Sci.* 28: 664-672.

Wood, T.G. 1996. The agricultural importance of termites in the tropics. *Agric. Zool. Rev.* 7: 117-155.

Zerbino, M.S. 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

ANEXOS

Anexo 1. Cuadro auxiliar para toma de datos de macrofauna edáfica en el campo.

Georeferenciación			Organismos	Monolito Ind./m3				Observaciones
Nº	X	Y		0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm	Hojarasca	
			Lombrices T.					
			Termitas					
			Hormigas					
			Coleópteros					
			Chinches		-			
			Otros					
			Lombrices T.					
			Termitas					
			Hormigas					
			Coleópteros					
			Chinches					
			Otros					
			Lombrices T.					
			Termitas					
			Hormigas					
			Coleópteros					
			Chinches					
			Otros					
			Lombrices T.					
			Termitas					
			Hormigas					
			Coleópteros					
			Chinches					
			Otros					
			Lombrices T.					
			Termitas					
			Hormigas					
			Coleópteros					
			Chinches					

Anexo 2. Cuadro de la densidad de macrofauna del suelo en las zonas de Investigación Agrícola y Agronomía de la Universidad Nacional de Agricultura, Honduras, Catacamas, Olancho.

N/Lugar	Coordenadas		Uso de Suelo	Organismos Individuos/m2				Total indiv./m3
	X	Y		Hojarasca (g)	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	
1 IA	623992	1640828	Pastizal	0.2	6	9	0	15
2 IA	624067	1640828	Pastizal	0.2	8	7	1	16
3 IA	624142	1640828	Pastizal	0.5	13	19	0	32
4 IA	624217	1640828	Cult.Agricola	0.3	9	9	3	21
5 IA	624292	1640828	Cult.Agricola	0.2	7	13	0	20
6 IA	624367	1640828	Cult.Agricola	0.4	11	24	1	36
7 IA	624442	1640828	Cult.Agricola	0.5	4	11	0	15
8 IA	623992	1640753	Cult.Agricola	0.5	16	28	0	44
9 IA	624067	1640753	Pastizal	0.3	8	9	0	17
10 IA	624142	1640753	Pastizal	0.2	7	10	2	19
11 IA	624217	1640753	Pastizal	0	1	9	0	10
12 IA	624292	1640753	Pastizal	0	0	7	1	8
13 H	624367	1640753	Cult.Agricola	0	0	5	0	5
14 H	624442	1640753	Cult.Agricola	0.2	4	14	0	18
15 H	623917	1640678	Cult.Agricola	0	2	8	0	10
16 H	623992	1640678	Cult.Agricola	0.1	5	4	0	9
17 H	624067	1640678	Cult.Agricola	0.2	6	18	1	25
18 H	624142	1640678	Cult.Agricola	0.2	5	9	0	14
19 H	624217	1640678	Cult.Agricola	0.3	6	22	0	28
20 H	624292	1640678	Cult.Agricola	0.1	3	2	0	5
21 H	624367	1640678	Cult.Agricola	0.4	11	12	3	26
22 H	624442	1640678	Cult.Agricola	0.5	4	3	1	8
23 H	623917	1640603	Cult.Agricola	0.6	20	7	1	28
24 H	623992	1640603	Pastizal	0	1	3	0	4
25 H	624067	1640603	Pastizal	0.4	4	5	3	12
26 V	624142	1640603	Pastizal	0.2	2	4	0	6
27 V	624217	1640603	Pastizal	0	0	0	1	1
28 V	624292	1640603	Pastizal	0.3	3	10	5	18
29 V	624367	1640603	Pastizal	0	1	7	1	9
30 V	624442	1640603	Pastizal	0.1	1	4	0	5

31 V	623917	1640528	Pastizal	0.2	1	8	1	10
32 V	623992	1640528	Pastizal	0.2	2	2	0	4
33 V	624067	1640528	Pastizal	0.3	0	3	0	3
34 V	624142	1640528	Pastizal	0	2	1	0	3
35 V	624217	1640528	Pastizal	0.3	5	3	0	8
36 V	624292	1640528	Pastizal	0.4	5	1	0	6
37 V	624367	1640528	Pastizal	0.1	2	0	1	3
38 V	624442	1640528	Pastizal	0.2	5	7	0	12
39 V	623917	1640453	Pastizal	0	1	3	0	4
40 V	623992	1640453	Pastizal	0.5	5	8	0	13
41 V	624067	1640453	Pastizal	0.4	9	5	0	14
42 V	623917	1640378	Pastizal	0.2	6	3	0	9
43 V	623992	1640378	Pastizal	0	0	13	0	13
44 V	624067	1640378	Pastizal	0	2	2	0	4
45 GC	623917	1640303	Pastizal	0	1	9	4	14
46 GC	623992	1640303	Pastizal	0	0	1	1	2
47 GC	624067	1640303	Barbecho	0.4	4	11	1	16
48 GC	623917	1640228	Barbecho	0.3	9	8	3	20
49 GC	623992	1640228	Barbecho	0.5	12	5	1	18
50 GC	623919	1640146	Pastizal	0.2	5	10	0	15
51 GC	623994	1640164	Pastizal	0.5	19	20	2	41
52 GC	623844	1640071	Barbecho	0.2	4	3	0	7
53 GC	623919	1640071	Barbecho	0.4	2	11	1	14
54 GC	623992	1640078	Barbecho	0.2	1	5	0	6
55 GC	624311	1639460	Cult.Agricola	0.2	2	1	0	3
56 GC	624386	1639460	Cult.Agricola	0.1	1	0	0	1
57 GC	624311	1639385	Cult.Agricola	0.2	2	6	0	8
58 GC	624386	1639385	Cult.Agricola	0	0	0	0	0
59 GC	624086	1639310	Cult.Agricola	0	1	3	0	4
60 GC	624161	1639310	Cult.Agricola	0.2	2	1	0	3
61 GC	624236	1639310	Cult.Agricola	0	0	1	0	1
62 GC	624311	1639310	Cult.Agricola	0.3	3	6	1	10
63 GC	624386	1639310	Cult.Agricola	0	0	2	0	2
64 GC	624086	1639235	Cult.Agricola	0.1	0	0	2	2
65 GC	624161	1639235	Cult.Agricola	0.2	2	7	1	10
66 GC	624236	1639235	Cult.Agricola	0.1	1	3	0	4
67 GC	624311	1639235	Cult.Agricola	0.1	1	0	0	1
68 GC	624386	1639235	Cult.Agricola	0.1	0	1	0	1
69 GC	624086	1639160	Cult.Agricola	0	0	3	0	3
70 GC	624161	1639160	Cult.Agricola	0	0	1	0	1
71 CI	624236	1639160	Cult.Agricola	0.2	8	14	2	24
72 CI	624311	1639160	Cult.Agricola	0.1	2	6	0	8

73 CI	624386	1639160	Cult.Agricola	0.2	5	2	2	9
74 CI	624086	1639085	Cult.Agricola	0.2	3	8	1	12
75 CI	624161	1639085	Cult.Agricola	0.3	7	12	0	19
76 CI	624236	1639085	Cult.Agricola	0.2	8	5	1	14
77 CI	624311	1639085	Cult.Agricola	0.1	1	4	0	5
78 CI	624386	1639085	Cult.Agricola	0.2	4	6	0	10
79 CI	624086	1639010	Cult.Agricola	0.4	9	16	2	27
80 CI	624161	1639010	Cult.Agricola	0.1	2	3	0	5
81 CI	624236	1639010	Cult.Agricola	0	0	5	3	8
82 CI	624311	1639010	Cult.Agricola	0	2	4	0	6
83 CI	624386	1639010	Cult.Agricola	0.3	11	17	1	29
84 CI	624236	1638935	Pastizal	0.1	3	1	0	4
85 CI	624311	1638935	Pastizal	0.2	7	8	0	15
86 CI	624386	1638935	Pastizal	0.2	4	9	0	13
87 O	624311	1638860	Pastizal	0.1	3	1	0	4
88 O	624386	1638860	Pastizal	0.3	10	25	2	37
89 O	624311	1638785	Pastizal	0.2	7	15	0	22
90 O	624386	1638785	Pastizal	0.1	6	3	1	10
91 O	624611	1638785	Pastizal	0.4	10	7	3	20
92 O	624686	1638785	Pastizal	0.1	8	4	0	12
93 O	624761	1638785	Pastizal	0	3	6	0	9
94 O	624841	1638790	Pastizal	0	2	1	1	4
95 O	624311	1638710	Pastizal	0.1	3	10	0	13
96 O	624386	1638710	Pastizal	0	1	0	0	1
97 O	624611	1638710	Pastizal	0.2	8	17	0	25
98 O	624686	1638710	Pastizal	0.1	4	2	0	6
99 O	624761	1638710	Barbecho	0.3	7	5	2	14
100 O	624836	1638710	Barbecho	0.4	6	27	1	34
101 O	624311	1638635	Barbecho	0.2	5	6	0	11
102 O	624386	1638635	Barbecho	0.4	11	18	2	31
103 O	624461	1638635	Barbecho	0.1	3	10	1	14
104 O	624536	1638635	Barbecho	0	0	5	4	9
105 O	624611	1638635	Barbecho	0.2	4	7	0	11
106 O	624686	1638635	Barbecho	0.2	6	8	0	14
107 O	624761	1638635	Barbecho	0.1	1	0	0	1
108 O	624836	1638635	Barbecho	0.3	6	16	1	23
109 O	624241	1638562	Barbecho	0	0	5	0	5
110 O	624312	1638560	Barbecho	0	0	3	2	5
111 O	624387	1638560	Barbecho	0.1	1	9	0	10
112 O	624462	1638560	Barbecho	0.3	5	5	0	10
113 O	624537	1638560	Barbecho	0.2	5	2	0	7
114 O	624612	1638560	Barbecho	0.4	7	23	0	30

115 O	624687	1638560	Barbecho	0.1	2	9	0	11
116 O	624762	1638560	Barbecho	0.3	9	11	0	20
117 O	624837	1638560	Barbecho	0	0	8	0	8
118 O	624387	1638485	Barbecho	0.2	1	6	1	8
119 O	624462	1638485	Barbecho	0.1	4	5	0	9
120 O	624537	1638485	Barbecho	0.2	3	3	0	6
121 O	624612	1638485	Barbecho	0.3	7	14	4	25
122 O	624687	1638485	Barbecho	0.2	9	7	0	16
123 O	624762	1638485	Barbecho	0	0	1	0	1
124 O	624837	1638485	Barbecho	0.1	4	6	0	10
125 O	624462	1638410	Barbecho	0.1	3	2	1	6
126 O	624537	1638410	Barbecho	0.2	5	2	0	7
127 O	624612	1638410	Barbecho	0.4	12	25	0	37
128 O	624687	1638410	Barbecho	0.1	3	4	0	7
129 O	624762	1638410	Barbecho	0.1	3	0	2	5
130 O	624837	1638410	Barbecho	0.3	9	22	0	31
131 O	624537	1638335	Pastizal	0.1	1	6	0	7
132 O	624611	1638335	Pastizal	0	0	4	0	4
133 O	624686	1638335	Pastizal	0.4	10	15	2	27
134 O	624761	1638335	Pastizal	0	1	2	0	3
135 O	624761	1638335	Pastizal	0.1	3	1	0	4
136 O	624761	1635260	Pastizal	0.2	5	0	0	5
137 O	624837	1635260	Pastizal	0.1	1	0	0	1
Total de organismos					588	982	85	1655

Zonas: IA = Investigación Agrícola, H = Hortalizas, V = Vega, GC = Granos y Cereales, CI = Cultivos Industriales, O = Olvido.

Anexo 3. Promedio de organismos organizados por estratos uso de los suelo a diferentes profundidades.

Profundidad	Pastizal	Barbecho	Cultivos Agrícolas	Bosque (testigo)
Hojarasca	0.16	0.21	0.2	5
0-10 cm	4.3	4.6	4.2	8.7
10- 20 cm	6.4	8.3	7.2	14.1
20- 30 cm	0.6	0.7	0.6	1.1

Anexo 4. Tabla comparativa de riqueza, densidad y biomasa de géneros.

Grupo Taxonómico	Riqueza	Densidad	Biomasa
Atta	-	-	-
Coleoptera	-	-	-
Lumbricus	-	-	-
Isoptera	-	-	-

Fuente: Cabrera *et al.* 2007

Anexo 5. Relación entre las actividades de la macrofauna, las características edáficas y la productividad vegetal, (modificado de Syers & Springett 1983).

