

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO SEGÚN SU USO Y
EN DIFERENTES PISOS ALTITUDINALES EN TRES MUNICIPIOS DEL SUR
DE LEMPIRA EN LA SUBCUENCA DEL RIO MOCAL, HONDURAS**

POR:

EFRAÍN MEJÍA ALEMÁN

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO



CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

**CARACTERIZACIÓN DE LA MACROFAUNA DEL SUELO SEGÚN SU USO Y
EN DIFERENTES PISOS ALTITUDINALES EN TRES MUNICIPIOS DEL SUR
DE LEMPIRA EN LA SUBCUENCA DEL RIO MOCAL, HONDURAS**

POR:

EFRAÍN MEJÍA ALEMÁN

RAMÓN LEÓN CANACA M.Sc.
Asesor principal

**TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS, C.A.

DICIEMBRE, 2013

ACTA DE SUSTENTACIÓN

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO

Por darme la fortaleza necesaria para afrontar cada reto y salir adelante, brindándome la comprensión, conocimiento y la sabiduría en cada uno de los momentos de mi vida, por brindarme la salud y regalarme una gran familia que ha depositado su confianza en mí, y que ahora forma parte de este logro tan importante.

A MIS PADRES

Camilo Mejía Rivera y Clementina Alemán Ramos y mi abuela Patrocinia Rivera Baires, por sus sabios consejos que no tienen precio, por apoyarme en todo momento de mi vida a pesar de las circunstancias, solo queda decirles mil gracias.

A MIS HERMANOS

Edelmin, Leslie, Emérita, Maricela, Héctor, Yenny, Mery y Joan, por brindarme siempre su respaldo y ver en ellos el deseo de superación y considerarlos un ejemplo a seguir.

A MIS MAESTROS

Por su constante esfuerzo en brindarnos los conocimientos necesarios y así formar excelentes profesionales de este un gran país.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso por iluminarme en cada momento de mi vida y por brindarme salud, fuerza, sabiduría y entendimiento de esta manera guiándome por el camino correcto guardándome en cada uno de mis pasos y así guiándome por el sendero del bien.

A mis padres Camilo Mejía Rivera y Clementina Alemán Ramos, mis hermanos Edelmin, Leslie, Emérita, Maricela, Héctor, Yenny, Mery y Joan quienes me brindaron un apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A la **Universidad Nacional de Agricultura** por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y como una persona digna para servirle a la sociedad. Gracias alma mater, mi segundo hogar.

Al centro regional de la FAO en San Juan Intibucá, al I.T.C “José María Medina” y sus técnicos de extensión, el I.T.C. “La Virtud”, en Lempira, por su apoyo en el desarrollo de las actividades de campo de esta investigación.

A mis profesores y en especial mis asesores de tesis, **M.Sc. Ramón León Canaca, M.Sc. Oscar Ferreira y M.Sc. José Trinidad Reyes Sandoval**, por facilitarme las herramientas de formación necesarias para hoy culminar de la mejor manera esta etapa tan importante en mi vida, muchas gracias.

A mis Compañeros y amigos **Gustavo, Moriss, Cocas, Quintero, Marlon, Elvis, Melchor, Zabulón, Varela, Manuel R., Lincoln D. y al módulo # 2 y a toda la clase Kayros**. Gracias por ser como hermanos en las buenas y malas en esta casa de estudios, que juntos luchamos hasta el final y lograr este paso importante en la vida.

CONTENIDO

ACTA DE SUSTENTACIÓN	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	x
RESUMEN	xi
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	2
2.1 General:.....	2
2.2 Específicos:	2
III REVISIÓN DE LITERATURA	3
3.1. Definición general del suelo	3
3.2. Generalidades del recurso suelo en Honduras	3
3.3. Uso actual del suelo	4
3.4. Uso potencial del suelo	4
3.5. Caracterización de suelos.....	4
3.6. Levantamientos (caracterización) generales	5
3.7. Muestreo aleatorio y sistemático	5
3.8. Caracterización de la biota edáfica	6
3.9. Características biológicas de un suelo	7
3.9.1. Macro fauna edáfica	7
3.9.2. Mesofauna edáfica.....	8
3.10. Importancia de la meso y macrofauna.....	8
3.10.1. Importancia de la lombriz de tierra	9

3.11. Rasgos de actividad biológica.....	9
3.12. Condiciones que influyen en la actividad biológica de los suelos.....	10
3.13. Efectos del manejo del suelo sobre la macrofauna	11
3.14. Distribución vertical de la macrofauna en base al uso del suelo	12
3.15. Macrofauna del suelo en un Sistema Agroforestal Quezungual (SAQ)	12
3.16. Grupos funcionales de la macrofauna edáfica.....	13
3.17. Sistemas de Información Geográfica “SIG”	14
IV MATERIALES Y MÉTODO.....	15
4.1. Descripción del sitio de la investigación	15
4.2. Materiales.....	17
4.3. Localización de los sitios de muestreo.....	17
4.4. Información a considerar por punto muestreado	17
4.5. Descripción de las variables bajo estudio	18
4.5.1. Densidad de la macrofauna en el suelo	18
4.5.2. Determinación de la abundancia de la actividad biológica	19
4.5.3. Biomasa de los organismos en el suelo.....	21
4.5.4. Uso del suelo y su efecto sobre la macrofauna	21
4.5.5. La altitud referente a la macrofauna de un suelo	22
4.6. Análisis de datos	23
V RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1. Información taxonómica de la macrofauna del suelo	24
5.1.1. Grupos funcionales de macrofauna del suelo por uso de suelo	26
5.2. Densidad de la macrofauna en el suelo.....	30
5.3. Distribución vertical de la macrofauna en los perfiles del suelo	33
5.4. Las relaciones entre la densidad por uso de suelo y la profundidad de muestreo	35
5.5. Abundancia de la actividad biológica de la macrofauna del suelo en los sitios de muestreo.....	37
5.6. Biomasa de la macrofauna y diferentes usos de suelo.....	38
5.7. Distribución vertical de la biomasa en los perfiles del suelo.....	40
5.8. Las relaciones entre la densidad por uso de suelo y la profundidad de muestreo	42
5.9. Uso del suelo y su efecto sobre la macrofauna edáfica	43

5.10. Macrofauna de los suelos influenciada por las diferentes altitudes	45
5.10.1. Relación de la macrofauna edáfica con el uso de suelo y altitud	48
VI CONCLUSIONES	51
VII RECOMENDACIONES	52
VIII BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	58

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de la abundancia de la actividad biológica (modificado)	20
Cuadro 2. Clasificación del tipo de actividad biológica.....	20
Cuadro 3. Proporción de la densidad total por cada grupo taxonómico encontrado, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	25
Cuadro 4. Correlaciones entre los factores y variables en el estudio de macrofauna del suelo.	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del sitio donde se realizó la investigación.....	15
Figura 2. Grupos funcionales que predominan en los suelos en barbecho, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	27
Figura 3. Grupos funcionales que predominan en los pastizales, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	28
Figura 4. Especies de organismos que integran los grupos funcionales de bosque secundario, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	29
Figura 5. Especies de organismos que integran los grupos funcionales en cultivos agrícolas, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	30
Figura 6. Densidad de la macrofauna del suelo por cada uso de suelo muestreado en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras..	31
Figura 7. Distribución vertical de la densidad media de la macrofauna del suelo, a diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	33
Figura 8. Distribución vertical de la macrofauna del suelo a diferentes capas de profundidad y en diferentes usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.....	36
Figura 9. Macrofauna media encontrada en los diferentes usos de suelo en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras..	37
Figura 10. Distribución de biomasa media de la macrofauna del suelo en diferentes usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras..	39

Figura 11. Distribución de la biomasa media de la macrofauna del suelo a diferentes estratos de profundidad en el suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.....	41
Figura 12. Distribución vertical de la biomasa de la macrofauna en diferentes estratos de profundidad y diferentes sitios de muestreo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras..	42
Figura 13. Densidad de las especies más significativas por cada uso de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.	44
Figura 14. Mapa de distribución espacial de la densidad de la macrofauna a diferentes rangos, en el estudio de la macrofauna del suelo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, Honduras.	46
Figura 15. Mapa de distribución espacial de la biomasa de la macrofauna a diferentes rangos, en el estudio de la macrofauna del suelo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, Honduras.	47
Figura 16. Clúster de la densidad y biomasa de la macrofauna en 71 muestras realizadas, en el estudio de la macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.	49

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Formato para la toma de datos de la macrofauna del suelo a nivel de campo.....	59
Anexo 2. Cuadro de la densidad de macrofauna del suelo, en el estudio de macrofauna en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	60
Anexo 3. Promedio de organismos encontrados por uso de suelo y diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	61
Anexo 4. Cuadro de la biomasa de macrofauna del suelo, en el estudio de la macrofauna de suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	62
Anexo 5. Biomasa media encontrada en diferentes usos de suelo y a diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	63
Anexo 6. Taxones de la macrofauna encontrados en diversos usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	64
Anexo 7. Taxones de la macrofauna encontrados a diferente profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.....	66

Mejía Alemán, E. 2013. Caracterización de la macrofauna del suelo según su uso y en diferentes pisos altitudinales en tres municipios del sur de Lempira en la subcuenca del río Mocal, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras C.A. 80 pág.

RESUMEN

Se realizó una caracterización de las comunidades de macrofauna edáfica, con el objetivo de evaluar el efecto del uso de suelo y los pisos altitudinales en las poblaciones de macroorganismos. El estudio se llevó a cabo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal al sur del departamento de Lempira, Honduras. La macrofauna edáfica fue recolectada según la metodología estándar propuesta por el IBFST. Se evaluó la riqueza taxonómica, densidad y biomasa de los macroorganismos del suelo. En cuanto a la riqueza taxonómica se registraron 18 taxones clasificados en orden, familia, género y especie, encontrándose en la mayoría de usos de suelo lombrices de tierra, larvas de escarabajo y milpiés. Los macroorganismos se agruparon en cinco grupos funcionales, siendo valores altos los transformadores de hojarasca se encontraron en un 78 % en bosque secundario además los que se agrupan en plagas y herbívoros un 52 y 38 % respectivamente. Los ingenieros de ecosistemas un 71% en cultivos agrícolas, y en barbecho 31 % especies pertenecientes a los depredadores. Los valores altos de la densidad se obtuvieron en cultivos agrícolas (30.26 ind.m⁻²), le siguen barbecho (23.76 ind.m⁻²), pastizales (20.53 ind.m⁻²), y bosque secundario (14.71 ind.m⁻²). Sin embargo los valores de biomasa fueron superiores en barbecho (8.24 g.m⁻²), seguido de esto los cultivos agrícolas (7.50 g.m⁻²), pastizales (7.10 g.m⁻²) y bosque secundario (4.43 g.m⁻²). En cuanto a la correlación de la densidad y biomasa con respecto al tipo de cobertura no fue significativa, siendo un bajo efecto del uso de suelo con respecto a las variables evaluadas. La altitud no presentó un efecto significativo en la densidad y biomasa de la macrofauna del suelo.

Palabras clave: Densidad, biomasa de macrofauna, grupo funcional, lombriz de tierra.

I INTRODUCCIÓN

El suelo es un hábitat que alberga una amplia gama de organismos que mejoran la porosidad con la actividad de la macrofauna, además la resistencia a la erosión, la nutrición de las plantas con la intervención en ciclos de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica. Durante los últimos años y a nivel mundial, la degradación del recurso suelo ha sido cada vez mayor, la capacidad productiva depende del manejo que el agricultor haga del mismo. Los disturbios producidos por la actividad humana tradicionalmente producen erosión, pérdida de la materia orgánica y alteran tanto la biodiversidad como las condiciones del ambiente edáfico.

Abordar el estudio de la actividad biológica de la macrofauna del suelo predominante en la subcuenca del río Mocal y las formas en que ésta permanece en el tiempo, especialmente cuando la actividad antropogénica influye, constituye una necesidad para establecer las bases de un manejo eficiente del recurso suelo, para mantener las capacidades productivas de los agroecosistemas en el largo plazo, y para implementar nuevas estrategias de desarrollo para la zona sur del departamento de Lempira.

Consecuentemente, como una medida para controlar la erosión y preservar la calidad del sistema suelo, a comienzos de los años '90 los productores de la región comenzaron a adoptar con éxito sistemas agroforestales más conservacionistas como el SAQ (Sistema Agroforestal Quezungual) que incorpora residuos vegetales de cosechas anteriores y de la poda regulada de los árboles, además se evita la quema de la parcela. El objetivo principal del trabajo realizado, fue identificar las principales características biológicas de la macrofauna que presentan los suelos de la subcuenca del río Mocal, en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca de la zona del sur de Lempira, en diferentes usos de suelo y pisos altitudinales, además evaluar la calidad de los suelos en base a los parámetros encontrados.

II OBJETIVOS

2.1 General:

- Realizar una caracterización de la macrofauna del suelo según su uso y en diferentes pisos altitudinales en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca, en el sur de Lempira en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

2.2 Específicos:

- Clasificar los diferentes taxones de macroorganismos y determinar la distribución espacial de la población, a través del muestreo a nivel de campo.
- Identificar la actividad biótica de la macrofauna, bajo los diferentes sistemas de manejo de los suelos de la subcuenca.
- Analizar el efecto de los sistemas de explotación del suelo y los diferentes gradientes de altitud sobre la macrofauna.

III REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Definición general del suelo

Jaramillo *et al.* (1994) consideran que el suelo es aquella delgada capa, de pocos centímetros hasta algunos metros de espesor de material terroso, no consolidado, que se forma en la interfase atmósfera – biosfera – litosfera. En ella interactúan elementos de la atmósfera e hidrosfera (aire, agua, temperatura, viento, etc.), de la litosfera (rocas, sedimentos) y de la biosfera y se realizan intercambios de materiales y energía entre lo inerte y lo vivo, produciéndose una enorme complejidad.

3.2. Generalidades del recurso suelo en Honduras

Los suelos de Honduras están contenidos en una topografía bastante irregular y montañosa, se estima que el 87% de las tierras son laderas, en su mayoría caracterizadas por suelos poco profundos, muy propensos a la erosión y la degradación; particularmente en zonas lluviosas, cuando no existe suficiente cobertura del suelo y en pendientes mayores al 15 %. Los suelos son parte de la actividad económica del país, de él dependen las actividades productivas, la agricultura, ganadería, la explotación forestal y la industria, de allí la importancia del conocimiento del suelo (Brizuela *et al.* 1998).

Geográficamente, la superficie de Honduras está constituida por roca de toba volcánica y fundida en las regiones meridional y occidental, por sedimentarias ígneas y metamórficas en las regiones septentrionales. Los suelos en el país son de composición mineral en gran parte, el humus y materia orgánica es bajo, excepto en las regiones de clima templado, en donde el bosque predominante es de hoja ancha o caducifolias, selva tropical o pluvioselva, los cuales no han sido sujetos a la destrucción forestal (IGN 1999).

3.3. Uso actual del suelo

El uso actual del suelo, se refiere más bien a la descripción de las características del paisaje en una época determinada y la forma como se ha desarrollado la utilización de sus recursos, sin tomar en consideración su potencial o uso futuro. Permite conocer la utilización efectiva de que es objeto el territorio de la zona de influencia en sus distintas unidades de paisaje y la forma como se ha desarrollado el aprovechamiento de los recursos naturales, suelo, agua, vegetación (Vargas 1999).

3.4. Uso potencial del suelo

Se define el uso potencial de la tierra como el mejor uso que se puede dar al recurso suelo para obtener una mayor productividad, requiere de un análisis complejo de diversas características que permitan diferenciar la capacidad del suelo para usos específicos (Clasificación de...s.f.).

3.5. Caracterización de suelos

A criterio de la FAO (1989) el proceso de caracterizar un suelo consiste en describir y cuantificar, hasta donde sea posible, sus características (rasgos que pueden medirse o estimarse), de modo que se puedan establecer sus propiedades (rasgos derivados de la interacción de características) y deducir sus cualidades (comportamientos definidos por la interacción de características y propiedades); estos elementos pueden ser evaluados en el campo, mediante el estudio del perfil del suelo o en el laboratorio, mediante análisis más detallados.

Para diagnosticar el estado de un suelo es necesario realizar un muestreo adecuado, el cual consiste en obtener porciones de suelo de un área homogénea para analizar sus características físicas, químicas y biológicas. Para obtener resultados confiables es importante realizar un buen muestreo, principalmente porque la muestra tomada representa al volumen que equivale aproximadamente al 5×10^{-7} % del peso medio de 1 ha (0 -20 cm).

Es importante mencionar que deben tomarse las mayores precauciones para la obtención de muestras para no contaminar las mismas, también es importante identificarlas correctamente (FAO 1989).

3.6. Levantamientos (caracterización) generales

Este tipo de levantamiento se realiza en amplias zonas, desde planas a onduladas de bajo desarrollo o áreas montañosas con alto a medio desarrollo, con accesibilidad limitada y moderado potencial agropecuario; la intensidad de trabajo de campo es baja y se hacen fundamentalmente en zonas que actualmente no requieren estudios con más detalle.

La información que suministran estos estudios permite formular recomendaciones generales de manejo para las explotaciones que se encuentran en la zona, así como para el diagnóstico y planeación general de cuencas hidrográficas; además, es el nivel de máxima generalización que debe recomendarse, dentro de los estudios básicos biofísicos necesarios para establecer los planes de ordenamiento territorial departamentales, en lo que respecta a suelos. Siguen presentando limitaciones para ser usados en áreas pequeñas pues la unidad cartográfica que más utiliza es la asociación y la escala de publicación de sus mapas es de 1:100000 (Elbersen *et al.* 1986).

3.7. Muestreo aleatorio y sistemático

Según Huising *et.al.* (2005) para la implementación del MAS (Muestreo aleatorio y sistemático) es necesario delimitar el área de estudio, y seleccionar los sitios de muestreo de manera aleatoria, de tal modo que: a) cada punto tenga las mismas posibilidades de ser seleccionado, y b) la selección de un punto no cambie la probabilidad de incluir cualquier otro punto. El muestreo aleatorio estratificado requiere hacer lo mismo en cada estrato. El uso de un software para ayudar en la aleatorización y un GPS para localizar los puntos de muestreo en el campo. Este muestreo tiene muchas aplicaciones en la ecología, usando transectos de una dimensión o cuadrículas de dos dimensiones. En el caso de los

transectos, las muestras son seleccionadas en puntos que se encuentran a una distancia fija entre sí, a lo largo de una línea predeterminada. Para un muestreo de cuadrícula, una cuadrícula rectangular (usualmente) es definida en el área y las muestras son tomadas en cada punto de intersección. Las ventajas potenciales de este tipo de muestreo sistemático se derivan de la teoría y de la práctica. Las ventajas de la práctica incluyen:

- La facilidad de localizar puntos de muestreo, describir su ubicación y los medios de llegar a los puntos de muestreo.
- La facilidad de planear el trabajo de campo; por ejemplo, de estimar el tiempo requerido para muestrear un número fijo de puntos.

3.8. Caracterización de la biota edáfica

La mayoría de los estudios sobre la caracterización de la biota edáfica y sus efectos en los procesos del suelo han sido realizados en áreas tropicales, en donde la diversidad es mayor y los reciclamientos son continuos y acelerados por la temperatura y la humedad, principalmente. De esos ambientes surgen la mayoría de las teorías ecológicas sobre los aspectos biológicos de los suelos. En los suelos de climas templados, fríos y secos, la cantidad de estudios es menor, en donde la velocidad de los procesos del suelo es menos intensa, sobre todo por las restricciones de humedad, que determina periodos de actividad-latencia muy marcados en cada año y que seguramente influyen en el reciclamiento de nutrientes del suelo (Juárez 2012).

El autor antes mencionado, postula que la macrofauna constituye el 14% de la biomasa de los organismos que viven en el suelo, la mesofauna, el 2% y los microorganismos el 80%, sin embargo, son los ingenieros del ecosistema (dentro de la macrofauna) los que potencian en mayor medida la actividad biológica del suelo, especialmente las lombrices de tierra. Por lo tanto conviene observar estudios ecológicos del suelo en conjunto en donde ellas estén presentes, para observar el grado de intervención del total de los organismos en los

procesos del suelo, considerando sus capacidades y el rol que juegan como grupos funcionales.

3.9. Características biológicas de un suelo

La biología del suelo es un componente significativo de la calidad y juega un papel de suma importancia en la fertilidad y producción primaria a través de la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Las pruebas biológicas son una herramienta importante para estudiar los impactos negativos de los contaminantes y para caracterizar la composición y el funcionamiento de la biota del suelo (Mikanova 2006).

Los microorganismos del suelo, aparte de suministrarle una buena cantidad de biomasa al mismo y de causar, en algunos casos, problemas fitosanitarios en los cultivos, intervienen activa y directamente en ciclos geoquímicos como del carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P) y del azufre (S), que son los más conocidos. También toman parte en una buena cantidad de procesos y reacciones que tienen que ver con la nutrición vegetal (Jaramillo, 2002).

3.9.1. Macro fauna edáfica

La macro fauna comprende a los organismos cuyo diámetro corporal varía entre 2 y 20 mm e incluye principalmente a los de la clase Anélida: Oligochaeta: Megadrilli (lombrices) y a los Artrópoda. Mediante un sistema de digestión simbiótica con la microflora del suelo, las lombrices promueven la fertilidad produciendo la mineralización del material orgánico y la movilización de nutrientes necesarios para el crecimiento y producción de las plantas. Además junto a las hormigas (Insecta: *Himenóptera: Formicidae*) y a las larvas de los insectos de suelo (Insecta: *Coleóptera: Scarabaeidae, Curculionidae, Elateridae, Chrysomelidae*), modifican la estructura del suelo mediante la formación de macroporos y agregados (Linden, *et al.* citado por Álvarez Castillo *et al.* 2009).

3.9.2. Mesofauna edáfica

De acuerdo a Swift *et al.*, citados por Álvarez Castillo *et al.* (2009), describen que la mesofauna comprende a los organismos cuyo diámetro corporal varía de 0,1 a 2,0 mm e incluye a los enquitreidos (Filo Anélida: *Oligochaeta*, *Enchytraeidae*) y a los microartrópodos (Symphyla, Pauropoda, Acarina, Collembola, Protura y Diplura). Actúan en el ciclo de los nutrientes de manera indirecta a través de la ingestión de hongos y bacterias y en forma directa, fragmentando el material vegetal en descomposición. Además algunos integrantes de la mesofauna, como los enquitreidos, debido a su actividad cavadora, son importantes en el mantenimiento de la estructura del suelo.

3.10. Importancia de la meso y macrofauna

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC 1986) reporta que los organismos edáficos aparte de ser una fuente importante de materia orgánica para el suelo y de poderse convertir en plagas para las plantas, la fauna del suelo lleva a cabo varias acciones que, a largo plazo, mejoran las condiciones del mismo:

- Aumentan la disponibilidad de algunos nutrientes para las plantas con lo cual se mejora el aporte de biomasa: la lombriz incrementa disponibilidad de P, K y C; las hormigas mejoran disponibilidad de Ca y Mg, además las termitas aumentan la disponibilidad de Ca, Mg, K, Na, C y P.
- Algunos organismos como arácnidos, coleópteros y colémbolos son predadores y mantienen en equilibrio las poblaciones de otros organismos.
- Los macroinvertebrados crean galerías y huecos dentro del suelo que mejoran su aireación y su permeabilidad. Además, las termitas y las hormigas seleccionan materiales finos para hacer sus nidos en superficie, con lo que van afinando la textura del suelo.

- Por otro lado, se presentan algunos efectos que no son benéficos como lo observó Chamorro (1990) en suelos del páramo de Sumapaz, ya que se presentó incremento en la disponibilidad de Aluminio(Al) que estuvo asociado con la presencia de lombrices y termitas en ellos.

3.10.1. Importancia de la lombriz de tierra

Con respecto a la gran importancia de la lombriz de tierra en la agricultura, el Soil Quality Institute (SQI, citado por Jaramillo 2002) sostiene que ellas mejoran la calidad del suelo debido a que se manifiesta un incremento en la disponibilidad de nutrientes, especialmente N, P y K. Además, aceleran la descomposición de la materia orgánica al incorporar la acumulación de hojarasca al suelo y activar procesos de mineralización y de humificación trayendo consigo mejoras en la agregación y la porosidad. En cuanto a otras relaciones ecológicas, estas suprimen del medio gran variedad de organismos peligrosos o enfermos e incrementan la actividad de microorganismos benéficos. Desde el punto de vista ecológico, las comunidades de lombrices de tierra pueden dividirse en tres grupos (Bouché, 1977; Lavelle, 1981 citados por Bignell *et al.* 2005):

- Lombrices epígeas: de tamaño pequeño, con pigmentación y que viven en la hojarasca, a nivel de la superficie del suelo.
- Lombrices endógenas: de tamaño medio, no pigmentadas y que viven dentro del suelo. Como resultado de su actividad, producen excretas dentro del perfil del suelo y sobre la superficie.
- Lombrices anécicas: de tamaño grande, sin pigmentación y viven en el suelo, pero comen en la superficie. Sus actividades forman una red densa de túneles dentro del suelo.

3.11. Rasgos de actividad biológica

La actividad de los organismos del suelo sigue un modelo de desarrollo estacional así como un modelo de comportamiento cotidiano. No todos los organismos presentan actividad al

mismo tiempo, la mayor parte raramente está activa o inclusive, latente. Los escenarios más atractivos para el incremento del número y actividad de los organismos del suelo incluyen la labranza cero o reducida con retención del rastrojo, lo que proporciona la mínima alteración de los túneles y canales con un suministro de alimentos casi continuo (FAO s.f.).

A criterio de la FAO (2009) los rasgos biológicos, como las madrigueras de termitas, nidos de insectos, túneles de lombrices y madrigueras de animales más grandes se describen en términos de abundancia y tipo. Adicionalmente, se pueden registrar otras características como la localización específica, patrones, tamaño, composición, etc.

3.12. Condiciones que influyen en la actividad biológica de los suelos

El ambiente del suelo tiene una influencia directa sobre la distribución de la fauna del suelo a diferentes escalas espaciales y temporales (Ettema y Wardle, citados por Pauli 2008). Espacialmente, la distribución de la fauna del suelo está determinada por la variación en una serie de influencias ambientales que operan a diferentes escalas. Estas influencias incluyen la precipitación, temperatura, topografía, tipo de vegetación, uso del suelo, la textura del suelo, humedad del suelo, profundidad del suelo, profundidad de enraizamiento, calidad de la cama y la disponibilidad de materia orgánica.

Temporalmente, las poblaciones de macrofauna del suelo y los niveles de actividad varían cada año, en temporada, diurna y en respuesta a perturbaciones tales como los fenómenos meteorológicos, incendios, remoción de tierra, la labranza y la aplicación de productos químicos de síntesis (Netuzhilin *et al.* 1999). Por otro lado, la distribución y agrupación de organismos del suelo también son gobernadas por fuerzas intrínsecas de procesos poblacionales tales como de reproducción, dispersión, la competencia, la depredación y las interacciones mutualistas con otras especies (Lavelle y Spain 2001).

Hasta hace poco, la variabilidad espacial y temporal típica de las comunidades de macrofauna del suelo se considera como "ruido" indeseable que hizo la difícil

cuantificación de las poblaciones de la biota del suelo (Ettema y Wardle 2002). Sin embargo, la comprensión de cómo las poblaciones de fauna del suelo responden a la variación en su entorno espacio y el tiempo en realidad podrían mejorar nuestra comprensión de la ecología de la fauna del suelo, en lugar de obstaculizarlo (Anderson; Beare *et al.*, citados por Pauli, 2008).

3.13. Efectos del manejo del suelo sobre la macrofauna

Son muy pocos los estudios que se han realizado comparando los efectos de los diferentes usos del suelo en la abundancia de la macrofauna, y en los que se incluya la agricultura tradicional que practican los pequeños agricultores. Cabe destacar, que los sistemas agrícolas pequeños son a menudo muy heterogéneos, que incorpora una mezcla de cultivos anuales, de cobertura y perennes (como árboles frutales y maderables) en los campos de cultivo (Altieri 1995). En el plano conceptual, se cree que los sistemas de alta heterogeneidad es probable que resulte en la biodiversidad alta por debajo del suelo.

Sin embargo, los resultados de numerosos estudios comparativos sobre la macrofauna del suelo en diferentes usos de la tierra revelan cuadro complejo y dinámico. En ciertos casos la fauna se ve afectada negativamente por los usos agrícolas de la tierra, mientras que otros prosperan en las condiciones alteradas. Además, los usos del suelo difieren en sus efectos sobre el hábitat del suelo, con un poco de lo que trae consigo cambios en el microclima del suelo, el hábitat y la disponibilidad de alimentos, y otros que tienen un efecto relativamente pequeño.

Los resultados expuestos por Zerda y Chamorro, citados por Jaramillo (2002), ilustran la diferencia que hay en la distribución de organismos al interior del suelo, así como los cambios que ella sufre cuando se cambia la cobertura vegetal o el uso del mismo en actividades agropecuarias; además, evidencian que ciertos organismos como del orden Collémbola pueden llegar a ser importantes indicadores de alteraciones en el suelo, por lo menos en los climas fríos de alta montaña.

Los cambios importantes en diversidad, biomasa y abundancia de la macrofauna de suelos de clima frío húmedo surgen debido al cambio en la cobertura vegetal. Tanto la diversidad como la abundancia y la biomasa han resultado mayores en la selva secundaria que en pastizal; además en base a datos encontrados la pradera y el cultivo favorecen el desarrollo de las lombrices, posiblemente a que en estos dos sistemas de uso hay un mayor aporte subsuperficial de materia orgánica al suelo (Coral y Bonilla, citados por Jaramillo 2002).

3.14. Distribución vertical de la macrofauna en base al uso del suelo

El uso del suelo tiene una influencia importante en la distribución vertical de la abundancia y biomasa de la macrofauna. En los bosques y los suelos de uso agrícola que incorporan una densa capa de hojarasca, la densidad de macrofauna se puede concentrar en las capas superiores del suelo, mientras que en tierras de pastoreo y otros tipos de cultivos, la biomasa y la densidad pueden ser distribuidos de manera más uniforme en todo el suelo (Barros *et al.*, Jiménez y Decaëns, citados por Pauli 2008).

3.15. Macrofauna del suelo en un Sistema Agroforestal Quezungual (SAQ)

El SAQ se refiere a la práctica de incluir árboles dispersos en los campos de cultivo, y se basa en los cultivos anuales de maíz (*Zea mays*), sorgo (*Sorgo bicolor*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), con muchos árboles de crecimiento libre que son podados para regular la sombra; además se evita el uso de la labranza y quema. El material de los árboles que se podan se incorpora al suelo como abono orgánico durante la temporada de crecimiento. Además la capa de materia en descomposición a menudo también incorpora residuos de los cultivos de cosechas anteriores de maíz y sorgo (Hellin *et al.* 1999).

A criterio de Pauli (2008), no se puede afirmar definitivamente que el sistema agroforestal Quesungual tiene mayor abundancia de macrofauna en el suelo que otros métodos agrícolas alternativos. Sin embargo, parece que la alta densidad de organismos que se encuentran en los campos agrícolas en el suroeste de Honduras indica que el sistema permite

relativamente alta abundancia de la fauna del suelo en comparación con lo que se conoce de otras áreas sub-tropicales, que podrían tener un efecto importante en los aspectos de la calidad del suelo tales como la estructura y el ciclo de nutrientes.

3.16. Grupos funcionales de la macrofauna edáfica

En principio, 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, normalmente 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 (mucha macrofauna y mesofauna): animales que regulan a los herbívoros, ingenieros del ecosistema, transformadores de hojarasca, descomponedores y microrreguladores por depredación.

E) Plagas y enfermedades del suelo (hongos patógenos, invertebrados, plagas) especies de control biológico también pueden incluirse (ej.: depredadores, parasitoides e hiperparásitos de plagas y enfermedades).

3.17. Sistemas de Información Geográfica “SIG”

Los SIG son sistemas de hardware, software y procedimientos diseñados para soportar la captura, administración, manipulación, análisis, modelamiento y traficación de datos u objetos referenciados espacialmente, para resolver problemas complejos de planeación y administración. En otras palabras, el SIG es un sistema de computador capaz de mantener y usar datos con localizaciones exactas en una superficie terrestre. Un sistema de información geográfica es una herramienta de análisis de información, esta debe tener una referencia espacial y debe conservar sus características de topología y representación (Carmona y Monsalve 1997).

Para la selección de los sitios de muestreo se pueden utilizar fotos aéreas o imágenes de satélite de alta resolución. Mapas detallados de uso de suelo y de vegetación también son adecuados para este propósito. Cuando se encuentran disponibles mapas digitales de uso de suelo, el área ocupada por cada uso, dentro de un sitio definido puede ser determinado utilizando software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) estándar, lo que facilitará la selección de las ventanas o sitios. Cuando únicamente están disponibles materiales análogos, se hace una selección manual por interpretación visual, utilizando un papel traslúcido sobre la fotografía (Huisin *et al.* 2005).

IV MATERIALES Y MÉTODO

4.1. Descripción del sitio de la investigación

El trabajo de investigación se realizó durante los meses de julio y agosto en los municipios de Gualcinse, La Virtud y Mapulaca con influencia en la zona sur de la subcuenca del Río Mocal, con una altitud que oscila de los 150-900 m (Ver figura 1). El área de estudio comprendió una zona de ladera que incorpora muchas de las características típicas de la pequeña agricultura, con una diferencia importante que desde el año de 1990, la agricultura de roza, tumba y quema que es común en esta región ha sido sustituido por un sistema de cultivo de roza y mantillo. Estos son declarados “Municipios Verdes” por su seguimiento a campañas de reforestación, la cero quema y el alto grado de concientización por parte de la población (Ordóñez-Barragán, 2004; Hellin *et al.*, 1999).

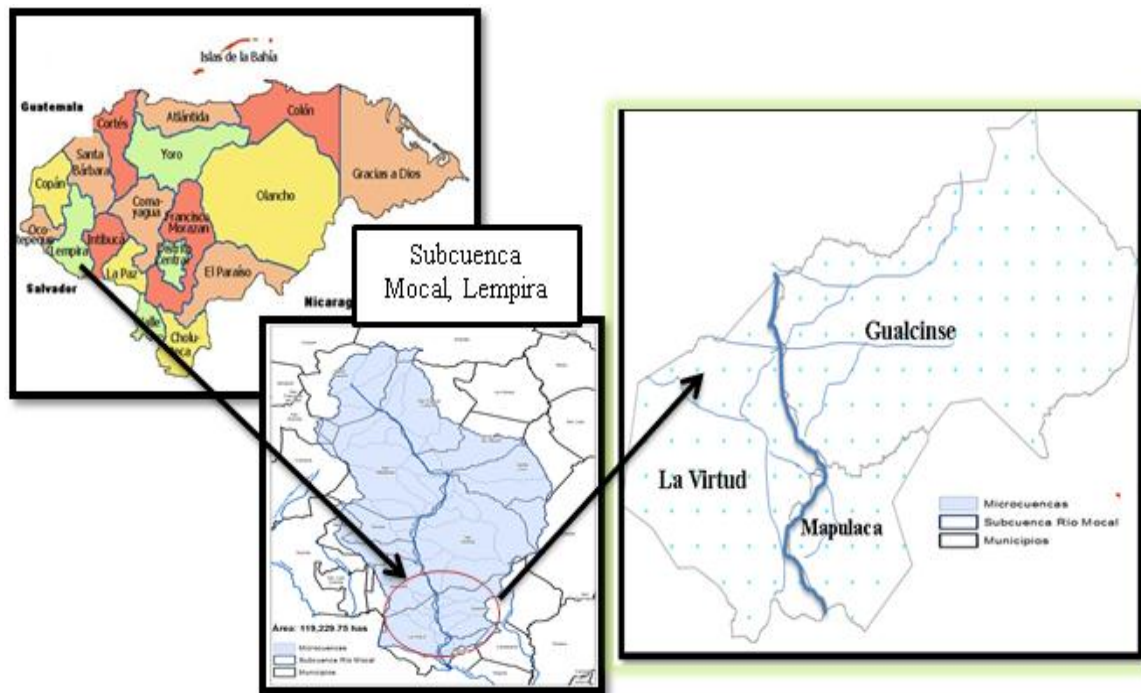


Figura 1. Mapa del sitio donde se realizó la investigación.

Según la clasificación por zonas de vidas (Holdridge) la región sur de Lempira es un bosque semi-decíduo sub-húmedo tropical, y según la clasificación climática (Köppen) esta región se caracteriza por un clima de Trópico Húmedo-Seco (Aw). La precipitación promedio anual (bimodal) es de 1400 mm concentrados entre mayo y noviembre, y la temperatura oscila entre 17-25 °C.

Los suelos son clasificados como Entisol (Lithic Ustorthents), con alta pedregosidad, influenciados por ceniza volcánica asociada con rocas ígneas e intrusivas, generalmente bajos en P disponible, con contenido de materia orgánica entre 2.8-3.9% y pH entre 4.0-4.8. Su escaso desarrollo probablemente se debe en gran medida al hecho que está ubicado en pendientes que varían de 5 a 85%. (Ordóñez-Barragán, 2004; Hellin *et al.*, 1999).

Los sitios de muestreo en la parte baja de la subcuenca incluyeron cuatro tipos de uso de suelo. El barbecho, que consiste en dejar la parcela por uno o más años sin cultivar (periodo de descanso), realizando rotaciones con los cultivos lo que favorece al desarrollo de muchas especies del suelo. Estas parcelas en esta zona oscilan una edad de uno a cinco años, con alta presencia de variedad de malezas y arbustos.

En los pastizales predominan especies tradicionales como ser pasto otoreño (*Andropogon gayanus*) y otras especies en menor escala como *Brachiaria spp* y que se desarrollan en suelos poco profundos y de condiciones limitadas para establecer otro tipo de cultivos. La ganadería en la zona está conformada por pequeños hatos, cuyo tamaño puede variar entre 2 y 50 animales, lo que representa baja carga animal por área de pastoreo.

El bosque secundario son guamiles sin cultivar por más de cinco años con presencia de especies de roble (*Quercus sp*), pino (*Pinus sp*), chaparro (*Curatella americana*), laurel (*Cordia alliodora*) entre otras especies de gran rusticidad para adaptarse a suelos con alta pendiente, pedregosidad limitante, baja profundidad efectiva. Cabe destacar que estos suelos son catalogados como fuertemente ácidos con un pH de 4.53 según estudio realizado por Muñoz (2013).

En cultivos agrícolas, se muestrearon parcelas de maíz predominando en su mayoría, en baja cantidad finca de café y piña. Estos sistemas de cultivos aportan mayor cantidad de materia orgánica al suelo por la incorporación de rastrojos producto de la poda de árboles y residuos de cosechas anteriores. Esta clasificación de usos de suelo se realizó de acuerdo al tipo de cobertura vegetal que se encontró por cada sitio localizado en los puntos seguidos por el GPS.

4.2. Materiales

Se utilizaron herramientas de campo tales como: hojas cartográficas, GPS (Sistema de posicionamiento global), marco de madera de 25 x 25cm, metro, barra o pujaguante, pala, tamiz de 2 mm, charolas plásticas para inspeccionar organismos de la muestra de suelo, bolsas plásticas, lupa, balanza y cámara digital. A nivel de gabinete una computadora y programas informáticos para una mejor interpretación de los resultados a obtener.

4.3. Localización de los sitios de muestreo

Se realizó a través de un muestreo sistemático por medio de una cuadrícula rectangular de puntos separados a una distancia de 1400 m entre cada uno (área aproximada de 2 km² por punto) para obtener 78 puntos a muestrear en la parte baja de la subcuenca; esta cuadrícula se generó con el programa de sistemas de información geográfica gvSIG 1.12. Ya en campo, los puntos previamente establecidos se localizaron con el GPS y con las hojas cartográficas como apoyo.

4.4. Información a considerar por punto muestreado

A criterio de Huising *et.al.* (2005) la información es importante para establecer la naturaleza de los organismos encontrados y para construir una curva de acumulación de especies, esta fue incluida en etiquetas. Para evitar confusión en lugares ricos, las etiquetas se escribieron en el momento en que los especímenes fueron introducidos en las bolsas

plásticas. En otros casos, las etiquetas se pueden hacer cuando se ha completado la extracción en cada punto; sin embargo, cuando se hace la extracción durante un tiempo determinado, el periodo destinado deberá incluir el tiempo para el llenado de la etiqueta, en esta se incluyeron los siguientes datos (Anexo 1):

- Fecha y clave de identificación del lugar.
- Número de punto muestreado.
- El microhábitat en cuestión (madera nueva, madera seca, madera podrida, montículo, suelo, hojarasca, suelo de raíz de árbol, etc.).
- Para el caso de lombrices, considerar espacio donde se encontraron en hojarasca (epígeas), en horizontes subsuperficiales (endógeas) y horizontes profundos (anecicas).
- La precipitación pluvial del punto de muestreo.

4.5. Descripción de las variables bajo estudio

Para alcanzar el objetivo central de la investigación se evaluaron ciertas variables, que brindaron los datos necesarios para establecer un análisis final del trabajo realizado.

4.5.1. Densidad de la macrofauna en el suelo

Para este parámetro en cada punto de muestreo, se recogieron bloques de suelo de 25 cm por 25 cm hasta 30 cm de profundidad de acuerdo con el método estándar IBFST (Instituto de Biología y Fertilidad de Suelos Tropicales) (Anderson e Ingram, 1993). Se utilizó un marco de 25 x 25 cm para marcar la posición del monolito, luego se cavó una zanja a su alrededor de 25 cm de ancho y 30 cm de profundidad, aislando el monolito como un pilar no perturbado. Se ubicó el monolito sobre una lámina de plástico y continuamente se dividió en tres capas, de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm, posteriormente se revisó manualmente la hojarasca colectada y el monolito, además en un área de 5 m² alrededor del monolito se inspeccionó para detectar la presencia de organismos que estaban dispersos en el sitio.

Finalmente se procedió a coleccionar con cuidado todos los macroorganismos en frasco de vidrio con formol (5%) para lombrices y con alcohol (70 %) para otros organismos, y proceder a su reconocimiento. Los especímenes fueron agrupados como morfoespecies, y luego se identificaron a nivel de familia, género y en algunos casos hasta especie.

Las hormigas fueron extraídas tomando un puñado de suelo, pasándolo a través de un tamiz de malla grande, de 5 mm, en una charola. El tamiz retiene las hormigas que pueden ser aspiradas. Se diseccionaron los pedacitos de madera en diferentes piezas para verificar la existencia de termitas, hormigas o escarabajos; las pequeñas ramas se fragmentaron y luego se sacudieron en la charola para que se desprendiera cualquier insecto que contuvieran en su interior. La densidad se calculó en base a las muestras de 0.56 m², es decir, la anchura aproximada del monolito (25 cm) más dos anchuras de zanja (25 cm). La densidad en general se estimó como el número de individuos por m² encontrados en el suelo.

El cálculo de la densidad se expresó en la siguiente ecuación:

$$\# \text{ de individuos}/m^2 = \frac{1 \text{ m}^2 * \# \text{ individuos por muestra}}{0.56 \text{ m}^2 (\text{area de la muestra})}$$

4.5.2. Determinación de la abundancia de la actividad biológica

Para determinar este parámetro, se realizó de manera visual sobre el sitio de muestreo, estableciendo criterios de clasificación (Ninguna, Poca, Común, Mucha) dependiendo del nivel de actividad biológica encontrada en suelo (Ver Cuadro 1). Para registrar la actividad biológica se utilizaron los niveles comprendidos en los términos de abundancia y tipo (artefactos, madrigueras, madrigueras grandes abiertas, madrigueras grandes rellenas, carbón, canales de lombrices, pedotúbulos, canales y nidos de termitas u hormigas, y otra actividad de insectos) (Ver Cuadro 2) establecidos en la Guía práctica para la descripción de suelos según la FAO (2009).

Cuadro 1. Clasificación de la abundancia de la actividad biológica (modificado)

N	Ninguna	No se observa ningún organismo
F	Poca	Entre 1-20 organismos
C	Común	Entre 20-60 organismos
M	Mucha	Se observa más de 60 organismos

Fuente: FAO, 2009. Guía práctica para la descripción de suelos.

La presencia y actividad de lombrices de tierra pueden estar asociadas con el número de turrículos dejados en la superficie del suelo adyacente en la salida de sus galerías. Cabe señalar que esta medida puede variar considerablemente de acuerdo a los tipos de lombrices predominantes. De esta manera el conteo de turrículos por unidad de área permite tener una primera idea del tamaño y actividad de la población de lombrices en suelos bajo un determinado uso.

Cuadro 2. Clasificación del tipo de actividad biológica

A	Artefactos
B	Madrigueras (sin especificar)
BO	Madrigueras grandes abiertas
BI	Madrigueras grandes rellenas
C	Carbón
E	Canales de lombrices
P	Pedotubulos
T	Canales y nidos de termitas u hormigas
TE	Turrículos, excretas de lombrices
I	Otra actividad de insectos

Fuente: FAO, 2009. Guía práctica para la descripción de suelos.

En suelos que presentan $\geq 50\%$ (por volumen) de agujeros de lombrices o gusanos, o túneles, el horizonte que posee es denominado vorónico y calificador vérmico. Para los suelos con $\geq 25\%$ (por volumen) de poros animales, coprolitos u otros restos de actividad animal se denominan horizontes hórtico e irrágico (FAO 2009).

4.5.3. Biomasa de los organismos en el suelo

Resulta de mucha importancia medir la biomasa de los individuos encontrados ya que muchas tasas de procesos en el ecosistema son proporcionales a la biomasa y no a la densidad. La medición del peso se realizó utilizando una balanza digital; la biomasa se estimó en g.m^{-2} , se utilizó peso fresco o masa de un espécimen parcialmente seco. Se evita el uso del peso seco debido a las diferentes temperaturas de los hornos que usan algunos investigadores y por el contenido variable de agua de los diferentes tipos de organismos. Si no se cuenta con una balanza disponible en el campo, se puede estimar el peso fresco para ejemplares conservados, pesados después de un secado con papel absorbente; se hace una lista de especies, siempre que sea posible agruparlas en familias o subfamilias, utilizando el nombre genérico.

Donde se dispone de especímenes de insectos de varios tamaños, existe un método alternativo que consiste en calibrar la biomasa viva con el ancho de cabeza, en especímenes representativos que cubren todo el rango de tamaños. El peso de los desconocidos puede entonces estimarse desde la curva (Bignell *et al.* 2005).

El cálculo de la biomasa se expresó en la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa g/m}^2 = \frac{1 \text{ m}^2 * \text{peso de individuos por muestra (g)}}{0.56 \text{ m}^2 (\text{area de la muestra})}$$

4.5.4. Uso del suelo y su efecto sobre la macrofauna

Esta variable se evaluó en base a un análisis actual sobre el uso y sistemas de manejo al suelo, tomando en cuenta además los datos referentes a la densidad, biomasa y actividad biológica de la macrofauna encontrada en el suelo objeto de investigación. La biodiversidad sobre el suelo se determina por la variedad de cultivos encontrados en el área y por los elementos vegetales asociados con barbechos, rompevientos, cercos vivos, tramos de bosque y otros elementos de manejo de paisajes (Swift *et al.* 2005).

Se pueden utilizar dos categorías de expresión de la riqueza de especies: el número de especies registrado en todos los monolitos, en cada tipo de uso de suelo; y la diversidad promedio expresada en términos de la media de número de especies por cada tipo de uso de suelo (Bignell *et al.* 2005).

A criterio de los autores antes mencionados, una caracterización biológica puede demostrar si la biota del suelo responde a intervenciones humanas como prácticas agrícolas, deforestación, contaminación y cambio climático. Si éste es el caso, las consecuencias pueden ser negativas, en términos de una disminución de los servicios del ecosistema; incluso puede producirse la pérdida de la productividad primaria, debido a cambios en la fertilidad del suelo o incrementos de enfermedades en el mismo; pérdida del potencial para la limpieza de los residuos y contaminantes, interrupción de los ciclos elementales globales y respuesta ante los efectos de los gases invernadero y de la erosión.

4.5.5. La altitud referente a la macrofauna de un suelo

Para este parámetro de evaluación, se utilizaron hojas cartográficas que contemplaban las curvas a nivel del área en estudio y la elevación proporcionada por el GPS para de esta forma establecer las diferentes altitudes correspondientes en los puntos de muestreo. Las poblaciones de macroorganismos se analizaron en base a los diferentes gradientes altitudinales.

Para Swift y sus colaboradores (2005), en el nivel más alto, la distribución espacial de la biodiversidad bajo suelo estará fuertemente influenciada por los gradientes de altitud y temperatura, por los gradientes o transiciones de las condiciones de humedad o por los gradientes de las propiedades del suelo, derivados de la base mineral y vegetal. El inventario de biodiversidad bajo suelo, a escala de paisaje, deberá capturar la distribución, tamaño y forma de estos gradientes y fragmentaciones, para explicar las posibles variaciones en la biodiversidad bajo suelo.

4.6. Análisis de datos

Se realizó mediante un análisis multivariado de Clúster a través del programa estadístico de SAS versión 9.1.; tiene como objetivo la clasificación de individuos en grupos distintos, de manera que exista la mayor homogeneidad posible dentro de los grupos, con respecto a ciertas variables que pueden ser cuantitativas o cualitativas. Además se pueden agrupar suelos con características similares dependiendo de la cantidad de organismos encontrados en cada uno de estos.

Los patrones de distribución de los macroorganismos puede correlacionarse con el uso del suelo y las diferentes altitudes, en una serie de variables de respuesta, incluyendo macrofauna total del suelo, densidad, biomasa total de la macrofauna del suelo, la actividad biológica y la densidad total de taxones de organismos que presenten una alta abundancia o biomasa (Thioulouse *et al.* citado por Huising *et al.* 2005).

V RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Finalizado el estudio de macrofauna del suelo a nivel de campo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, se muestrearon un total de 71 puntos a una distancia de 1,400 m entre cada uno, en forma de cuadrícula utilizando un muestreo sistemático; durante el desarrollo del trabajo se descartaron siete puntos de la hoja cartográfica, ya que se dificultó el acceso a esa zona que es fronteriza en disputa con El Salvador.

5.1. Información taxonómica de la macrofauna del suelo

En total se registraron y pesaron 1,207 individuos pertenecientes a la macrofauna edáfica y encontrados en suelos con diferente uso. Se identificaron un total de 18 taxones de la macrofauna del suelo en los diferentes puntos muestreados (Cuadro 3). Del total de individuos registrados, las lombrices de tierra fueron el taxón más abundante en todas las muestras, que comprende un 38.53 % del total de individuos. Los siguientes organismos con mayor abundancia fueron los escarabajos que representaron un 12.09% del total de insectos registrados, siendo su mayoría en estadio de larva y una pequeña proporción de adultos.

Otro taxón abundante fueron los milpiés manteniéndose alrededor de un 9.94% de los individuos encontrados en los diferentes puntos muestreados. Las termitas comprendieron un 6.79 % y las hormigas correspondientes a un 6.30% del total. Los taxones con menor porcentaje pero importantes en términos de abundancia numérica están comprendidos por saltamontes (3.40%), arañas (3.07%), zompopos (2.57%), ciempiés (2.40%) y otros por debajo del 2 %.

En un estudio realizado por Pauli (2008) en varios sistemas de cultivo y en temporada seca y lluviosa en el municipio de Candelaria, Lempira, encontró que las termitas fueron el taxón más abundante con un 50 % del total de organismos, seguido de las hormigas con un 29 % y las lombrices conformando el 6% en la época seca y 12 % en temporada de lluvias.

Cuadro 3. Proporción de la densidad total por cada grupo taxonómico encontrado, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.

Clase	Orden (Taxón)	Familia	Especie	Nombre común	% del total
Insecta					45.98
	Coleóptera	Scarabaeidae	<i>Phyllophaga sp.</i>	Escarabajo larva y adulto	12.09
			<i>Psammotermes</i>		
	Isóptera	Termitidae	<i>allocerus</i>	Termita	6.79
	Himenóptera	Formicidae	<i>Solenopsis sp</i>	Hormiga	6.30
	Orthoptera	Acrididae	<i>Melanoplus spp.</i>	Saltamonte	3.40
	Himenóptera	Formicidae	<i>Atta sp</i>	Zompopo	2.57
	Lepidóptera	Geometridae	<i>Geometra spp.</i>	Gusano medidor	1.82
	Lepidóptera	Pieridae	<i>Pieris sp.</i>	Mariposa	1.66
	Coleóptera	Scolytidae		Escarabajito	1.33
	Coleóptera	Elateridae	<i>Agriotes ipsilon</i>	Gusano alambre	1.33
	Homoptera	Cicadidae	<i>Cicada sp</i>	Cigarra	1.24
	Díptera	Muscidae	<i>Musca sp.</i>	Mosca	1.24
	Himenóptera	Apidae	<i>Apis sp</i>	Abeja	1.16
	Hemíptera	Pentatómidae	<i>Disdercus sp</i>	Chinche	0.83
	Coleóptera	Carabidae		Escarabajo de color	0.75
	Orthóptera	Gryllidae	<i>Gryllus sp</i>	Grillo	0.66
	Blattaria	Blattidae	<i>Periplaneta sp.</i>	Cucaracha	0.66
	Coleóptera	Coccinellidae	<i>Epilachna spp.</i>	Mariquita	0.33
	Coleóptera	Lampiridae	<i>Lampyrus noctiluca</i>	Luciérnaga	0.25
	Dermáptera	Forficulidae	<i>Forficula spp.</i>	Tijerilla	0.25
			<i>Tettigonia</i>		
	Orthóptera	Tettigonidae	<i>viridissima</i>	Esperanza	0.25
	Himenóptera	Vespidae	<i>Polybia spp</i>	Avispa	0.25
	Coleóptera	Curculionidae		Escarabajo picudo	0.17
	Homoptera	Cercopidae	<i>Prosopia sp</i>	Salivazo	0.17
	Homoptera	Cicadellidae	<i>Empoasca kraemeri</i>	Lorito verde	0.17
	Thysanura	Lepismatidae		Pescadito de plata	0.17
	Odonata	Libellulidae	<i>Libellula spp.</i>	Libélula	0.08
	Phasmida	Phasmatidae	<i>Carausius morosus</i>	Insecto palo	0.08

Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Lumbricus terrestris</i>	Lombriz de tierra	38.53
			<i>Spirobolus</i>		
Diplopoda	Spirobolida	Spirobolidae	<i>marginatus</i>	Milpies	9.94
			<i>Haplophilus</i>		
Chilopoda	Geophilomorfa	Himantariidae	<i>subterraneus</i>	Ciempíes	2.40
Arachnida	Araneae	Araneidae	<i>Araniella sp.</i>	Araña	3.07
Mollusca				Babosa	0.08

La lombriz de tierra fue el taxón más encontrado comúnmente, con presencia en 80% de todos los puntos muestreados que al menos contiene una lombriz; otros organismos se distribuyen más desigualmente en el caso de los escarabajos, larvas en mayor proporción, se encontraron en un 49.30 % de todas las muestras. Por otro lado, los milpiés solamente en un 19.72 % de las muestras se encontró al menos un individuo.

5.1.1. Grupos funcionales de macrofauna del suelo por uso de suelo

Todos los organismos enlistados como miembros de la comunidad del suelo se asignaron dentro de una o más categorías funcionales genéricas basadas en la función particular que desempeñan o en el proceso específico del suelo del que son mediadores. En barbecho hay predominio de un 72 % de transformadores de hojarasca (Figura 2), seguido de un 46 % de los organismos considerados como ingenieros del ecosistema que realizan una importante función en el mejoramiento físico del suelo.

Sin embargo, un 41 % de la macrofauna de estos sitios conforman el grupo de plagas. El 35 % integran el grupo de herbívoros por su hábito alimenticio y tienen cierta relación con el grupo anterior; en cambio los depredadores representan el 31 % de los taxones de macrofauna en estos sitios, además cumplen un papel importante en la regulación de las poblaciones de herbívoros.

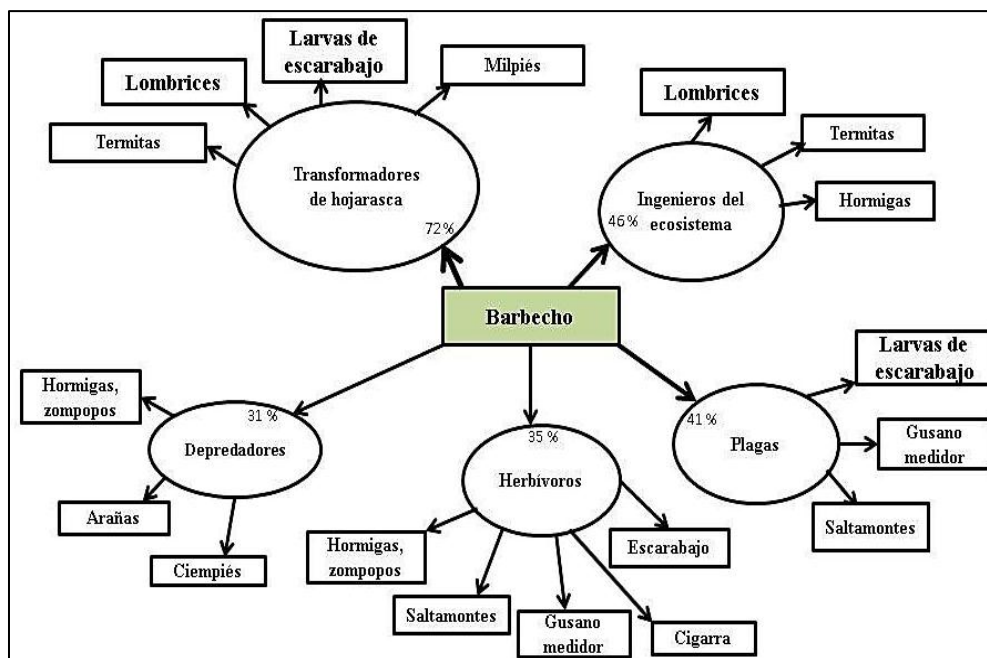


Figura 2. Grupos funcionales que predominan en los suelos en barbecho, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.

En los pastizales la presencia de transformadores de hojarasca representa el 69 % de la macrofauna total de estos sitios; seguido de un 67 % del grupo funcional ingenieros del ecosistema habiendo una notable relación con la presencia del grupo anterior.

La presencia de herbívoros, plagas y depredadores representan un 32 %, 27 % y 17 % respectivamente, siendo valores bajos a comparación del barbecho, ya que la diversidad vegetal es menor. Las especies más representativas por grupo funcional se presentan en la figura 3.

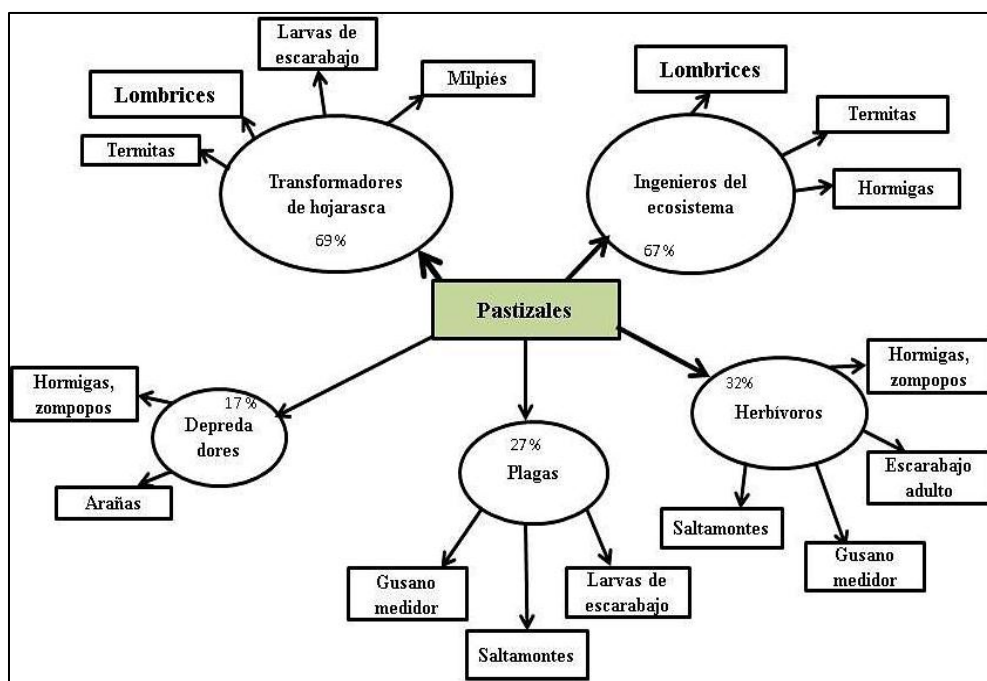


Figura 3. Grupos funcionales que predominan en los pastizales, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.

En los sitios con predominio de bosque secundario se registró un 78 % de organismos que conforman los transformadores de hojarasca siendo un valor ligeramente superior a los demás usos de suelo, en cambio los ingenieros del ecosistema representan un 37 % siendo una baja proporción a comparación del grupo antes mencionado lo que reduce los procesos de incorporación de materia en descomposición al suelo, por tanto un disminuido impacto físico de estos suelos como ser construcción de estructuras y formación de poros.

Por otro lado, debido a la vegetación predominante en estos sitios un 52 % de la macrofauna está incluida en el grupo de plagas; el 38 % lo integran las especies con hábito alimenticio herbívoro y una baja población de organismos depredadores con un 15 % del total de la macrofauna en estos suelos (Figura 4), razón por la cual las plagas y herbívoros se encuentran en mayor porcentaje.

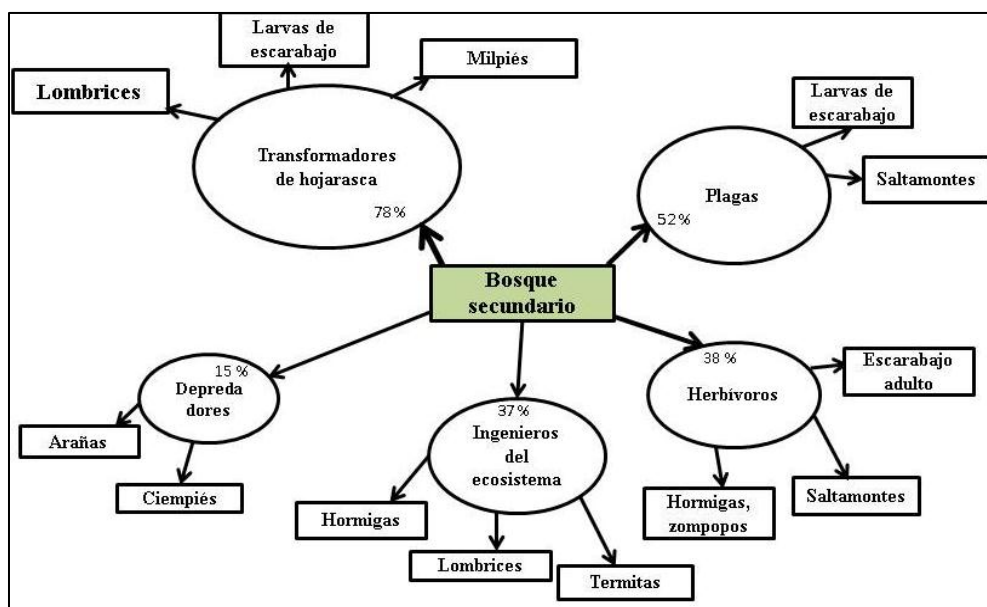


Figura 4. Especies de organismos que integran los grupos funcionales de bosque secundario, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.

Los grupos funcionales de los suelos con cobertura de cultivos agrícola con predominio de cultivo de maíz, los transformadores de hojarasca representan un 75 % donde hay predominio de materia vegetal en descomposición incorporada de cosechas anteriores y poda de árboles en la parcela. El 71 % de la macrofauna del suelo para estos sitios, está conformada por los ingenieros del ecosistema, lo que supone una mejora en la parte física del suelo al haber una proporción relacionada con los transformadores de hojarasca (Figura 5).

En cuanto a la presencia de herbívoros se encontró un 25 % y presencia de plagas del 20 % ambos grupos relacionados por la presencia de los cultivos en estos sitios y sus hábitos alimenticios. Los depredadores se encuentran en un 17 % de la macrofauna total encontrada, habiendo una relación similar con los grupos anteriores significa que puede existir un equilibrio trófico en estos ecosistemas. Estos sitios presentan similitud con los pastizales en cuanto a la proporción de grupos funcionales.

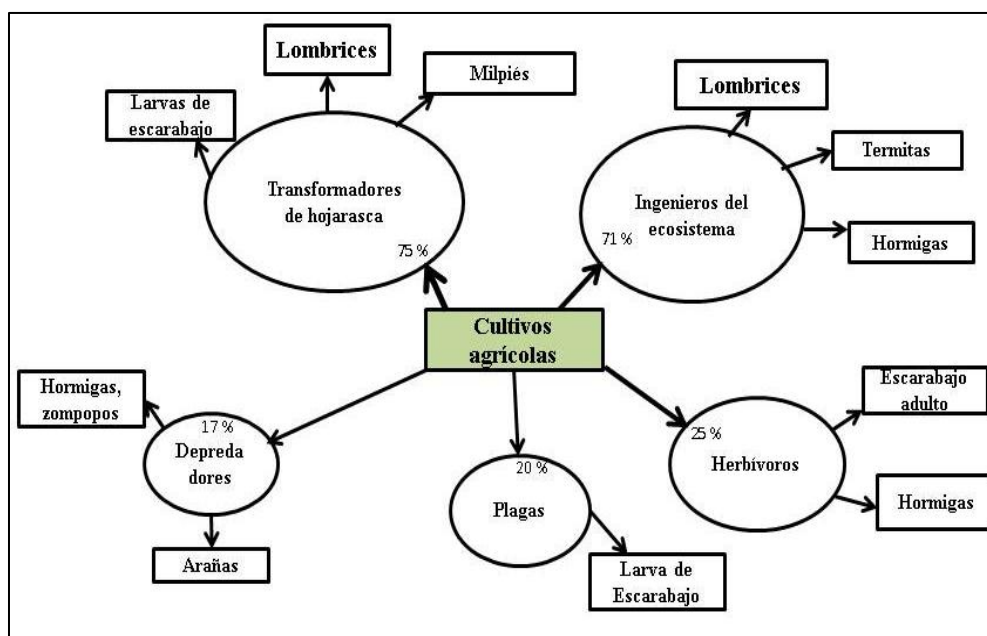


Figura 5. Especies de organismos que integran los grupos funcionales en cultivos agrícolas, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras.

5.2. Densidad de la macrofauna en el suelo

En base a la matriz de datos y análisis obtenidos en los diferentes puntos de muestreo (Ver anexo 2), es notable una variación en cuanto a la densidad por cada uso de suelo ya que existen diversas condiciones para el desarrollo de la macrofauna en los diferentes perfiles de suelo y diversas formas de aprovechar el suelo. En términos generales, a base del total de individuos colectados la densidad media resulta de 23 individuos.m⁻² para toda la zona bajo estudio, siendo menor en relación a los resultados encontrados por Pauli (2008) con una densidad de 1,426 indiv.m⁻², siendo relativamente superior ya que las poblaciones de hormigas y termitas en ese estudio fueron relativamente mayores a esta investigación, lo que aumenta los valores de densidad por área.

Comparando cada uso de suelo, los cultivos agrícolas presentan una mayor densidad en relación a los demás ecosistemas muestreados, siendo de 30.26 indiv.m⁻². El siguiente uso con mayor densidad de organismos es el barbecho con una media de 23.76 indiv.m⁻²; los

pastizales representan una media de $20.53 \text{ indiv.m}^{-2}$ y finalmente con una menor densidad se encuentra el bosque secundario con $14.71 \text{ indiv.m}^{-2}$ (Figura 6).

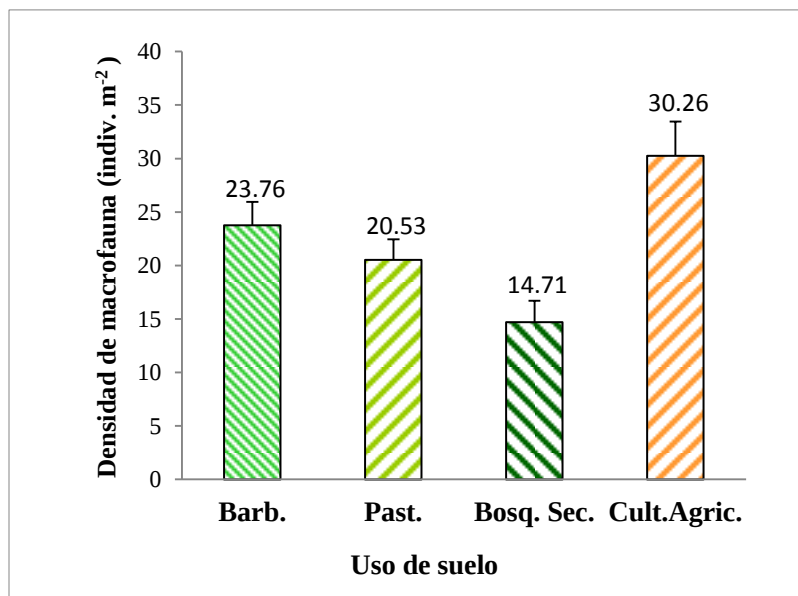


Figura 6. Densidad de la macrofauna del suelo por cada uso de suelo muestreado en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. *Barb.*: barbecho, *Past.*: pastizal, *Bosq. Sec.*: bosque secundario, *Cult. Agric.*: cultivo agrícola. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

Los cultivos agrícolas presentan una mayor densidad debido a que en la zona bajo estudio, predomina un sistema agroforestal que asocia árboles y cultivos, por tanto existe mayor heterogeneidad en el ecosistema. Además, hay ausencia de laboreo y los residuos vegetales de estos se integran al suelo y permite el aumento de materia orgánica supliendo cantidades significativas de carbono a la biota edáfica, favoreciendo el crecimiento de organismos detritívoros como lombrices y larvas de escarabajos entre otros.

Sin embargo, el hecho de que el suelo este cubierto lo hace menos vulnerable a la desecación y la erosión, favoreciendo las condiciones para el desarrollo de las poblaciones de macroorganismos. Otro aspecto a considerar en estos sitios, es la no quema de las parcelas como previo a la siembra, favoreciendo la temperatura adecuada del suelo como

un hábitat adecuado para las especies predominantes de macrofauna. Por su parte Pauli (2008) en su estudio de macrofauna en el sur de Lempira, determinó mayor densidad de macrofauna en parcelas que se cultiva maíz (Agroforestería) por menos de dos años y en mayor de 10 años, a comparación de bosques secundarios ambos en la temporada seca y lluviosa.

Los sitios en barbecho presentaron una densidad media de la macrofauna por bajo del cultivo agrícola, ya que estos suelos permanecen en descanso por uno o varios años y las condiciones de clima y vegetación favorecen la humedad y alimento necesario para garantizar la sobrevivencia de las especies. Las diferencias indican que el tipo, la riqueza de especies vegetales y el manejo son aspectos que tienen efecto sobre estas densidades de organismos porque determinan los recursos disponibles y afectan las interacciones entre grupos funcionales de herbívoros, sus controladores y los detritívoros.

La densidad de organismos en los pastizales, se ve influenciada probablemente debido a la compactación del suelo por el pisoteo del ganado, además no hay una incorporación de residuos vegetales de forma permanente y afecta las condiciones de humedad y temperatura, por tanto la presencia de varias especies se ve disminuida. Es importante mencionar que el 60% del material verde ingerido por el ganado retorna al suelo como materia fecal, lo cual es un recurso de alta calidad para algunos organismos del suelo (Lavelle y Spain 2001).

En el bosque secundario se encontró la menor densidad de individuos por área, ya que en los sitios muestreados no son hábitats densos en vegetación en los que predominaba casi siempre una sola especie de árboles como ser pino, roble, laurel y otras de hoja ancha, habiendo un proceso lento de incorporación de residuos vegetales, la acidez predominante de estos suelos puede tener cierta influencia negativa para las comunidades de organismos, especialmente especies de lombrices de tierra.

Juárez (2012), determinó diferencia de valores en la densidad y biomasa de lombrices en dos estados de México, siendo mayores en el sistema MIAF (Milpa intercalada con frutales) a comparación de bosques en una región de Oaxaca con suelos ácidos, por otro lado, en suelos menos ácidos en la región de Puebla los valores fueron superiores para ambos sitios de la localidad anterior.

5.3. Distribución vertical de la macrofauna en los perfiles del suelo

En el caso de la densidad total de la macrofauna del suelo, hubo una fuerte diferencia entre las capas del suelo, ya que un 5 % de los especímenes se encontraron en la hojarasca del suelo. Mientras el 89 % de los individuos se concentran en un rango de profundidad de 0-10 cm superficiales, lo que representa el pico más alto de abundancia espacial en el suelo (Figura 7).

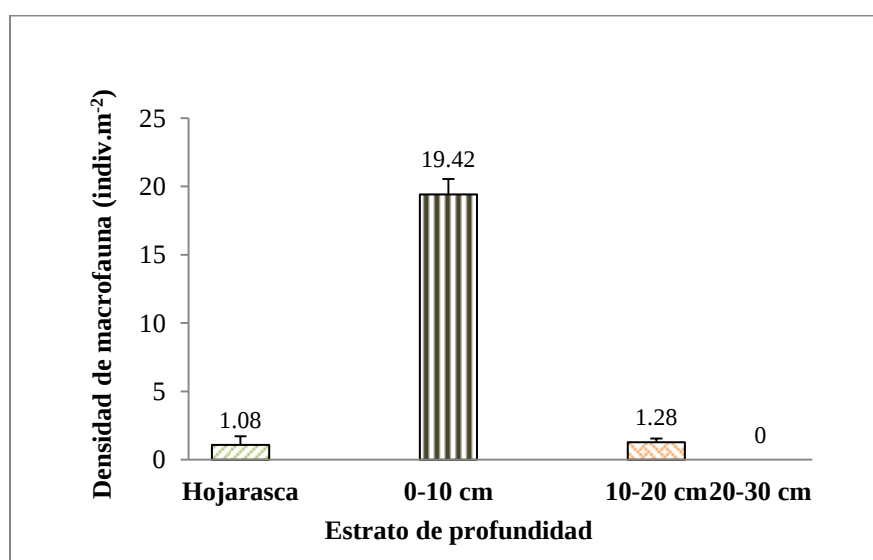


Figura 7. Distribución vertical de la densidad media de la macrofauna del suelo, a diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

En el estrato de profundidad de 10-20 cm se encontró una abundancia de 6 % del total de individuos, esto debido a que la profundidad efectiva de los suelos en la zona muestreada es poca y oscila de 20-30 cm, en algunos casos este rango es menor. En el estrato más profundo de 20-30 cm en ninguno de los puntos muestreados se encontró algún organismo, debido a que son horizontes con poca presencia de materia orgánica más compactos y cercanos a la roca madre.

La distribución espacial del total de la macrofauna en lo que a densidad se refiere, a una profundidad de 10 cm superficiales se encuentra una media de 19.42 indiv.m⁻² encontrándose lombrices de tierra en su mayoría, larvas de escarabajos, termitas y milpiés, debido a que en este estrato se concentra la mayor humedad del suelo y la materia orgánica en descomposición, favoreciendo la presencia de los macroorganismos detritívoros.

En la hojarasca o capa de litter, se encuentra una densidad menor en comparación a la capa anterior, ya que se encontraron 1.08 indiv.m⁻² en su mayoría especies de grupos funcionales herbívoros, depredadores y transformadores de la hojarasca (ingenieros del ecosistema). En los horizontes más profundos se registró una menor presencia de macroorganismos con una densidad de 1.28 indiv.m⁻², debido a la ausencia de materia orgánica y humedad, limitando la presencia de muchas especies.

Para el caso de la lombriz de tierra la mayor abundancia en los diferentes perfiles del suelo se encuentra en los primeros 10 cm del suelo, siendo un 88.60 % del total de lombrices que se concentran en este estrato de profundidad, debido a las condiciones antes mencionadas que esta capa presenta. Sin embargo, el 8.17 % de individuos se encontraron en un estrato de profundidad de 10-20 cm. El menor porcentaje de lombrices se encontró en la capa superficial de hojarasca siendo un 3.23 % del total de individuos, este tipo de anélidos se consideran dentro de la clasificación de epígeas por sus características de pigmentación más oscura, y porque se encuentran en este tipo de medios en los que predomina una alta humedad y materia en descomposición.

5.4. Las relaciones entre la densidad por uso de suelo y la profundidad de muestreo

La densidad de la composición taxonómica de la macrofauna en cada profundidad del suelo y usos del suelo objeto de estudio, se muestra en la Figura 8. En el bosque secundario la densidad total de la macrofauna fue baja, pero a nivel de la capa de hojarasca presentó una densidad de $1.82 \text{ indiv.m}^{-2}$ relativamente uniforme en relación a los demás sitios de muestreo que se verán a continuación. En cambio en la capa de los 10 cm superficiales del suelo se registró la menor densidad a comparación de los demás usos de suelo, cabe destacar que en la última capa de muestreo hasta los 30 cm de profundidad no se encontraron organismos, debido a que estos suelos eran poco profundos y no hubo actividad de la macrofauna.

Para los sitios de pastizales en la capa superficial de hojarasca, hubo presencia de organismos a una densidad similar a la de bosque secundario. En la capa de 10 cm superficiales se encuentra una densidad mayor en un 3.22 % a comparación del bosque secundario, siendo de $17.73 \text{ indiv.m}^{-2}$, para el caso de la capa profunda de 10-20 cm se encontró una baja densidad de $1.72 \text{ indiv.m}^{-2}$, siendo únicamente contabilizadas especies de lombrices de tierra.

En los sitios de muestreo en barbecho, la densidad total de macrofauna en la capa de hojarasca resultó similar a los sitios antes mencionados, y en el estrato superficial de 10 cm verticales la densidad media encontrada es de $22.16 \text{ indiv.m}^{-2}$, que representa el 17.70 % de la macrofauna total, siendo significativa a comparación a los usos de suelo anteriores y para este estrato, debido a que estos sitios almacenan mayor humedad favorable para los organismos por la cobertura vegetal, que evita en gran parte la evaporación del agua del suelo.

Por otro, lado los muestreos en suelos con uso agrícola (refiriéndose a maíz, frijol, café, piña) es donde se encuentra la mayor densidad de macroorganismos, pero haciendo referencia a la distribución espacial y vertical en el perfil de suelo, la capa de hojarasca es

la que agrupa una densidad de 2.30 indiv.m⁻² superior en comparación a los demás usos del suelo, ya que al haber presencia de residuos vegetales en descomposición, la presencia de escarabajos, hormigas, termitas y milpiés se aumenta.

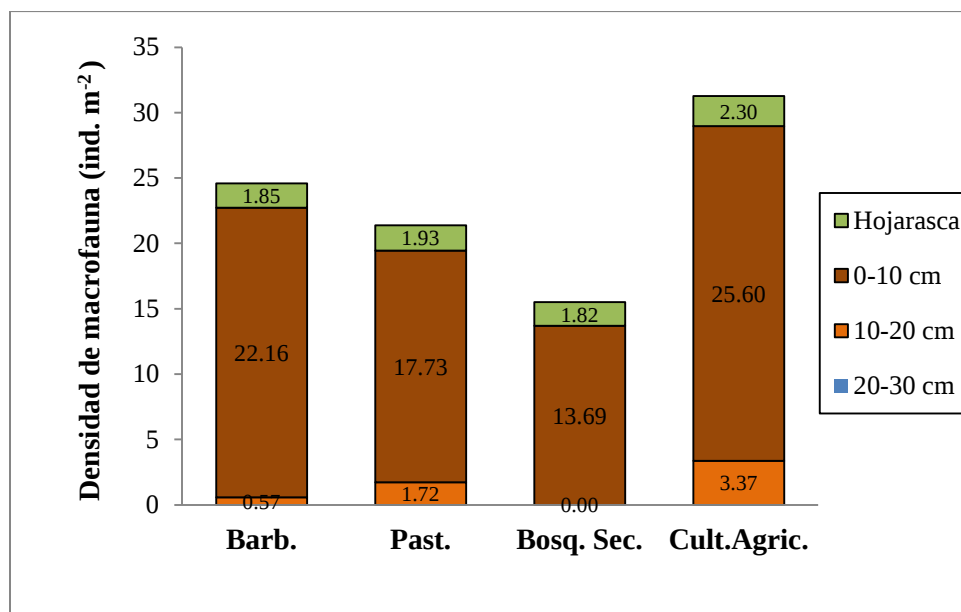


Figura 8. Distribución vertical de la macrofauna del suelo a diferentes capas de profundidad y en diferentes usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. *Barb.:* barbecho, *Past.:* pastizal, *Bosq. Sec.:* bosque secundario, *Cult. Agric.:* cultivo agrícola.

Los taxones de macrofauna encontrados en cultivo agrícola específicamente en la capa superficial de 10 cm, representa el 20.45% del total de individuos, debido a que hay alta humedad, temperatura y materia orgánica en deterioro favorable a ciertos grupos taxonómicos; la densidad para dicha capa resultó de 25.60 indiv.m⁻², siendo un 9.51 % mayor que el mismo estrato de bosque secundario, en este caso el sitio con la densidad más baja. En el estrato profundo de 10-20 cm se contabilizó el 2.69 % del total de individuos, siendo especies de lombrices, gusano alambre y pupas de cigarra que conforman una densidad de 3.37 indiv.m⁻².

5.5. Abundancia de la actividad biológica de la macrofauna del suelo en los sitios de muestreo

Las comunidades de la macrofauna del suelo son muy complejas, y los efectos de la perturbación y la intensificación agrícola sobre estas son a menudo difíciles de anticipar. Es importante considerar la actividad biológica a través de la abundancia de los macroorganismos encontrados en los diferentes sitios muestreados, ya que cada taxón cumple una función importante en el ecosistema, y esto puede determinar si los diferentes usos del suelo son favorables para el desarrollo de poblaciones de individuos en el suelo.

La actividad biológica también se puede medir a través de los indicios o estructuras que los organismos elaboran, como resultado de su intervención en el nicho en que están presentes. En los diferentes puntos de muestreo se recolectaron una diversidad de especies de macroorganismos en el suelo, lo que sirve para estimar la abundancia o riqueza en los diferentes ecosistemas. De hecho, la mayor actividad biológica de la macrofauna se encuentra en las capas superficiales del suelo, en los primeros 10 cm. El promedio de organismos registrados por cada uso de suelo en este estudio se muestran en la Figura 9.

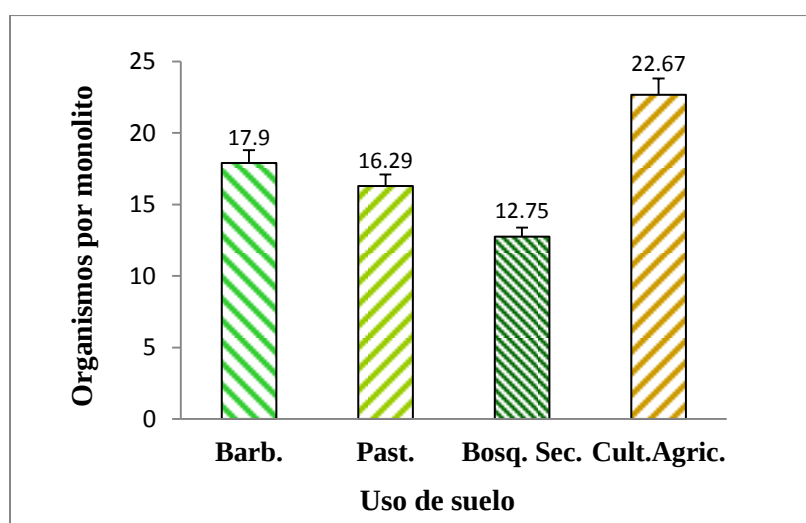


Figura 9. Macrofauna media encontrada en los diferentes usos de suelo en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. *Barb.*: barbecho, *Past.*: pastizal, *Bosq. Sec.*: bosque secundario, *Cult. Agric.*: cultivo agrícola. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

De forma general la actividad encontrada fue poca en el 75 % de los sitios de muestreo, ya que en promedio se registraron menos de 20 organismos por cada muestra (Rango establecido para esta categoría) en tres usos de suelo. En el caso de los suelos en barbecho se encuentran 17.9 individuos por muestra, ya que estos sistemas se encuentran en descanso y no existe una dinámica de incorporación de residuos vegetales en grandes cantidades que favorecen a ciertas especies. Seguido están los pastizales y bosque secundario con una media de 16.29 y 12.75 individuos respectivamente ya que en estos sitios presentan condiciones inferiores al anterior mencionado.

Por otro lado el sitio con una actividad ligeramente superior a los anteriores, son los cultivos agrícolas con una actividad común ya que se encontraron 22.67 organismos en promedio (el rango va de 20-60 organismos), ya que algunos taxones (sobre todo las hormigas, termitas, escarabajos y lombrices de tierra) fueron más abundantes en los campos agrícolas que en la vegetación nativa, posiblemente debido al aumento de la entrada de materia orgánica y de la productividad, o debido a su capacidad para explotar nuevos nichos.

5.6. Biomasa de la macrofauna y diferentes usos de suelo

Es importante destacar la biomasa en un estudio de macrofauna del suelo, ya que muchos procesos en el ecosistema están determinados por este factor y no tanto por razones de la densidad de organismos encontrados. Del total de macroorganismos colectados y pesados (Ver anexo 3) se encontró una biomasa media de la macrofauna de 7.05 g.m^{-2} en todos los usos de suelo, siendo menor en comparación a un estudio realizado por Pauli (2008) en bosque secundario, cultivos de maíz en sistemas agroforestales y en silvopastoriles en la zona sur de Lempira, Honduras, que registró una biomasa de 18.2 g.m^{-2} ; por otro lado, la biomasa media encontrada resultó ser similar a la biomasa encontrada en una investigación realizada por Okwakol (1994) que encontró una biomasa de 6.9 g.m^{-2} en bosque natural, sitios talados sin cultivar y plantaciones de banano de varias edades en Uganda, África.

Haciendo énfasis en la biomasa encontrada por cada uso de suelo (Figura 10), en los sitios de barbecho es donde se concentra la biomasa más alta en comparación a los demás sitios, midiéndose una biomasa media de 8.24 g.m^{-2} en todas las capas de profundidad del suelo, debido a que los organismos son favorecidos por la temperatura y humedad que almacena la vegetación predominante, lo que resulta un cuerpo grande y contenido de agua mayor por cada individuo, especialmente en lombrices de tierra que tienen gran influencia en la contribución de peso .

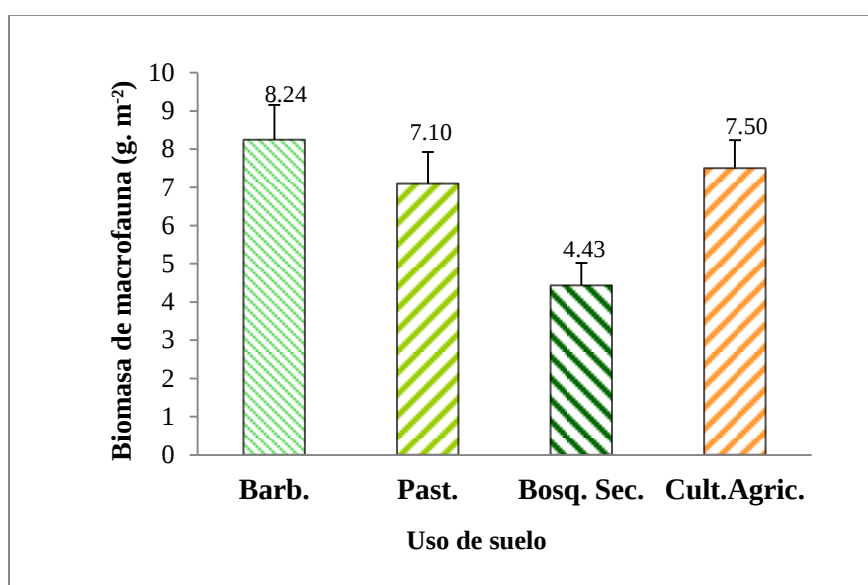


Figura 10. Distribución de biomasa media de la macrofauna del suelo en diferentes usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. *Barb.*: barbecho, *Past.*: pastizal, *Bosq. Sec.*: bosque secundario, *Cult. Agric.*: cultivo agrícola. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

En cultivo agrícola se registró una biomasa media de 7.50 g.m^{-2} siendo una menuda diferencia a comparación con el sitio antes descrito, esto debido a que en los cultivos siempre se mantiene contenidos ideales de humedad en los estratos superficiales del suelo lo que favorece al buen desarrollo de los taxones de macrofauna encontrados. En el caso de los pastizales, la biomasa es menor a los usos de suelo anteriores con una media de 7.10 g.m^{-2} relativamente baja, probablemente por la compactación del suelo por el pisoteo del ganado, alta pedregosidad y poca disponibilidad de residuos vegetales en deterioro, lo que

disminuye el almacenamiento de humedad para el crecimiento de especies edáficas y por tanto predominan grupos de individuos polihúmicos que son pequeños y filiformes y su biomasa es considerablemente menor refiriéndose a lombrices de tierra.

La biomasa media más baja por uso de suelo se encontró en bosque secundario siendo de 4.43 g.m^{-2} siendo relativo a la densidad registrada, en este sitio las pocas especies encontradas resultaron ser de tamaño pequeño como larvas de escarabajos, algunas lombrices, gusano alambre, milpiés y otras de grupo de herbívoros; cabe mencionar que eran suelos poco profundos, pedregosos y de alta pendiente que favorece a la formación de mayor escorrentía en épocas lluviosas. Fonte *et al.* (2010) citados por García (2011), encontraron significativamente mayor cantidad de biomasa fresca de lombriz de tierra en sistemas agroforestal Quesungual (13.4 g m^{-2}), que en tala y quema (0.8 g m^{-2}), e incluso superior a lo encontrado en el bosque secundario (6.2 g m^{-2}).

En vista de los resultados anteriores de una biomasa de la macrofauna del suelo relativamente baja a moderada en comparación con investigaciones en otras zonas de vida, se deben probablemente a la influencia de una combinación de la topografía y el clima en la zona. Las fuertes pendientes y suelos poco profundos y arenosos de la zona de estudio es probable que exista una significancia para que el agua se drene rápidamente de las zonas agrícolas en terrenos en pendiente, con pocas zonas de retención de suficiente humedad en el suelo durante todo el tiempo (Pauli 2008).

5.7. Distribución vertical de la biomasa en los perfiles del suelo

La biomasa media de la macrofauna total en el suelo se distribuye de manera irregular solamente en tres capas de profundidad en el punto de muestreo, al igual que ocurrió con la densidad, cabe mencionar que la distribución de la biomasa no es directamente proporcional a la densidad de la biota edáfica, ya que el peso es en función del tamaño por individuo y no en base a la cantidad de organismos. Para el primer estrato superficial de hojarasca, la biomasa total se concentra en un 4 % y representa una media de 0.25 g.m^{-2}

(Figura 11) siendo valores menores a los que se mostraron en la densidad para esta capa, debido a que las especies encontradas en su mayoría eran de menor tamaño y de varios grupos funcionales como ser hormigas, milpiés, arañas entre otros.

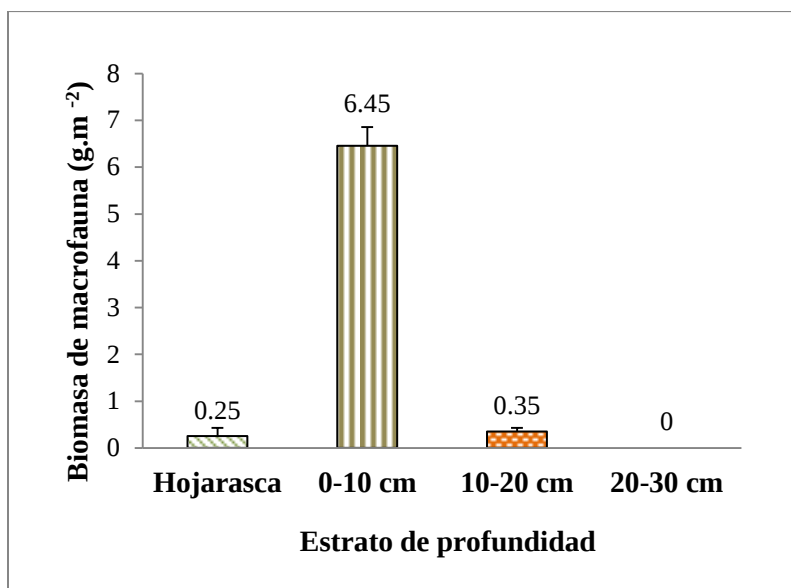


Figura 11. Distribución de la biomasa media de la macrofauna del suelo a diferentes estratos de profundidad en el suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

En la capa superficial de 10 cm se agrupa el 91 % de la biomasa total, siendo superior al 70% que encontró Pauli (2008) en su estudio en varios usos de suelo en sistemas agroforestales en el sur de Lempira en la temporada de lluvias, misma época en que se realizó esta investigación. En este caso se registró una biomasa de 6.45 g.m^{-2} , siendo representada en su mayor parte por la presencia de lombriz de tierra, seguido de larvas de escarabajo, termitas, milpiés entre otras especies. En el estrato de profundidad de 20 cm se encuentra una media de 0.35 g.m^{-2} siendo la biomasa más baja que representa el 5 % del total, en este caso se inspeccionaron pocos organismos lo que redujo la biomasa total.

5.8. Las relaciones entre la densidad por uso de suelo y la profundidad de muestreo

Los diferentes estratos de profundidad por cada sitio de suelo muestreado, presentan una biomasa media distribuida desproporcionalmente entre cada capa. En suelos en barbecho la biomasa encontrada en la capa superficial de hojarasca resultó de 0.46 g.m^{-2} (ver figura 12), siendo menor que la misma capa en bosque secundario que fue de 0.61 g.m^{-2} , debido a que los pocos organismos encontrados (en su mayoría milpiés) en los sitios de bosque presentaron mayor peso debido a la presencia de humedad en la materia en descomposición, en cambio en barbecho los individuos encontrados eran especies de tamaño pequeño, siendo en su mayoría del grupo de herbívoros (Saltamontes y otras larvas).

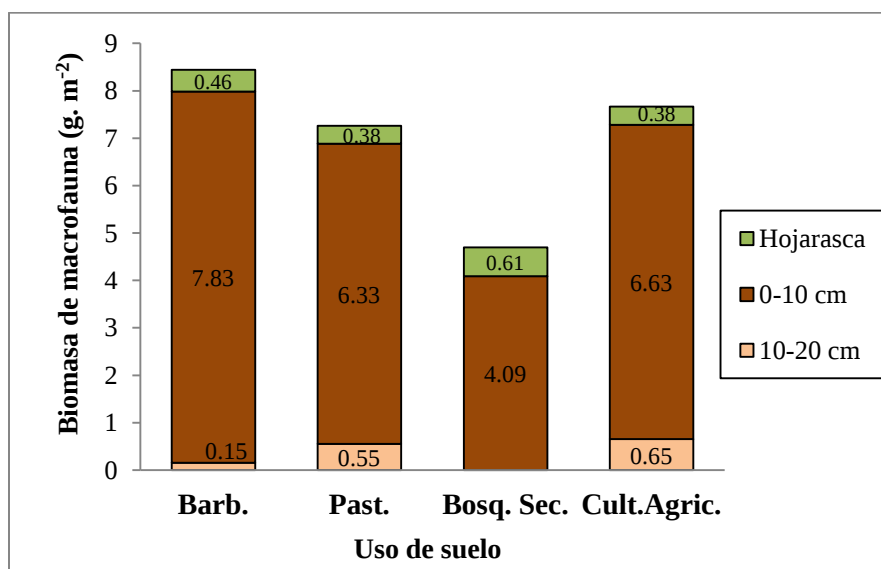


Figura 12. Distribución vertical de la biomasa de la macrofauna en diferentes estratos de profundidad y diferentes sitios de muestreo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. *Barb.*: barbecho, *Past.*: pastizal, *Bosq. Sec.*: bosque secundario, *Cult. Agric.*: cultivo agrícola.

Las capas de hojarasca para los sitios de cultivo agrícola y pastizales presentaron una biomasa similar siendo de 0.38 y 0.38 g.m^{-2} respectivamente. Haciendo énfasis en el estrato de 10 cm superficiales donde se presentó el pico de abundancia de la biomasa en la

macrofauna, en los sitios de barbecho se registró la biomasa más alta en relación a los demás usos de suelo con una media de 7.83 g.m^{-2} ya que se encontraron en gran parte lombrices de tierra y larvas de escarabajo, que representan un mayor porcentaje de la biomasa total.

Seguido de esto los cultivos agrícolas y pastizales presentan una biomasa promedio similar de 6.63 y 6.33 g.m^{-2} en su correspondientemente, ya que se encontraron las mismas especies anteriores que representan gran parte de la biomasa total. Cabe mencionar que en los pastos se contabilizó una mayor cantidad de especímenes, pero de un tamaño y peso inferior a los encontrados en los otros sitios, debido a las condiciones edáficas de humedad más limitadas.

En los sitios de bosque secundario la biomasa media para la capa superficial de 10 cm, resultó ser la más baja siendo de 4.09 g.m^{-2} , representando el 11.57 % de la biomasa total debido a que se encontraron pocas especies de organismos y siendo proporcionalmente pequeños, probablemente debido a las pobres condiciones de profundidad del suelo y su alta pedregosidad, lo que no es muy favorable para un buen desarrollo de las especies de macrofauna. En los estratos profundos de 20 cm, la biomasa no es tan significativa ya que los valores fueron muy bajos ($0.55\text{-}0.65 \text{ g.m}^{-2}$) en todos los sitios a excepción del bosque secundario donde no se registró ningún espécimen para esta capa del suelo.

5.9. Uso del suelo y su efecto sobre la macrofauna edáfica

Al evaluar en particular los usos del suelo y sus posibles efectos en las comunidades de la macrofauna del suelo, es importante tener en cuenta las prácticas de manejo agrícola que se emplean y la naturaleza del paisaje agrícola. Algunas prácticas agrícolas se sabe que tienen efectos negativos y por el contrario, hay otras que parecen estar asociados con la abundancia y diversidad de comunidades de macrofauna del suelo. Estas prácticas incluyen: la presencia de cobertura continua del suelo; la adición de mantillo de alta calidad; la inclusión de vegetación taxonómica y estructuralmente diversa en los campos; y

la presencia de un mosaico de tipos de hábitat en los alrededores. En particular, estos factores están asociados con un aumento en la entrada de materia orgánica al suelo y diversidad de la vegetación.

Muchos pequeños productores agrícolas de sistemas tradicionales se basan en la rotación de parcelas entre la vegetación nativa, cultivos y barbecho, lo que es probable que las comunidades de la macrofauna del suelo en estos sistemas son dinámicas, en respuesta a cambios en la entrada de la materia orgánica, la vegetación y el suelo. Hubo algunas diferencias en la densidad de taxones específicos entre los diferentes usos de la tierra, en especial lombrices, escarabajos, hormigas, termitas, y milpiés (Figura 13).

Las hormigas y termitas parecen ser los indicadores más sensibles del cambio de uso del suelo y la perturbación, ya que sus densidades se reducen constantemente, luego de una tala del bosque secundario y barbecho; sin embargo en sitios de pastizales y cultivos agrícolas hay un aumento de su densidad, al aumentar la disponibilidad de residuos vegetales en descomposición que se incorporan al suelo.

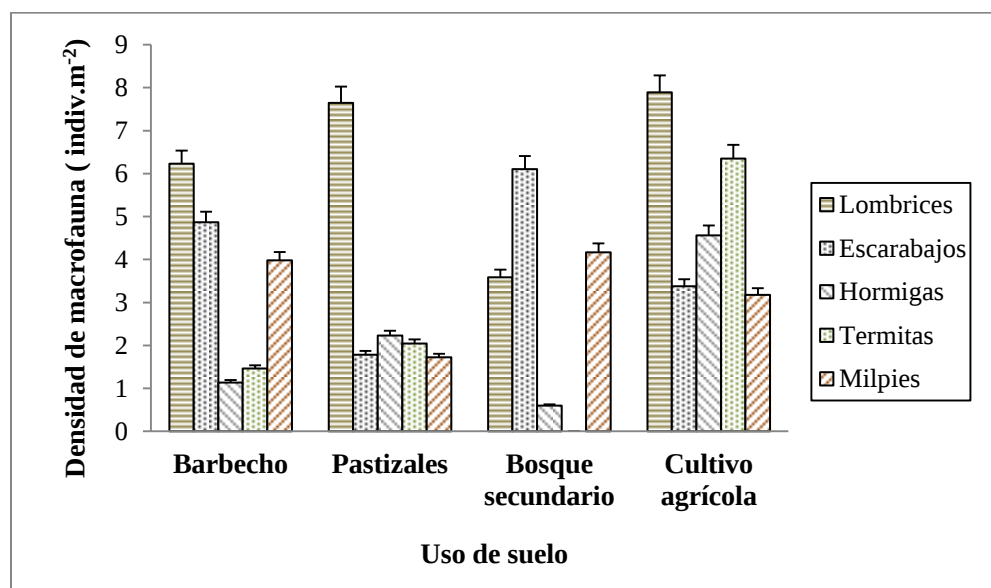


Figura 13. Densidad de las especies más significativas por cada uso de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo de la subcuenca río Mocal, Lempira, Honduras. Barras de error indican error de la desviación estándar de la media.

Resultados expuestos por Netuzhilin *et al.* (1999) a cerca de un estudio de las hormigas de superficie en diferentes etapas de sucesión de un sistema de agricultura migratoria en Venezuela, encontró que después de un descenso inicial asociado con la tala de bosques, la densidad de la hormiga se incrementó sustancialmente, superando los niveles encontrados en los bosques circundantes. Mientras tanto, las lombrices de tierra parecen ser los organismos más robustos al cambio de las condiciones del ecosistema, aunque en cultivos agrícolas y pastizales presentan un aumento en la densidad debido a la mayor disponibilidad de materia orgánica por la incorporación de rastrojos al suelo

Sin embargo, en las poblaciones de escarabajos y milpiés se observa una disminución en la densidad en los cultivos agrícolas y pastizales, mientras en los suelos en barbecho y bosque secundario hay un aumento en la densidad de estas especies, eso indica que estos taxones son sensibles a las perturbaciones de los ecosistemas originales. La biomasa de la macrofauna fue ampliamente relacionada al uso del suelo, se observó un gran aumento de la biomasa en los sitios en barbecho, seguido de los cultivos agrícolas y sitios silvopastoriles, pero en cambio en los bosques secundarios se encontró una baja biomasa debido a las pocas condiciones para la incorporación de materia orgánica y por tanto las poblaciones y su biomasa se ven disminuidas.

5.10. Macrofauna de los suelos influenciada por las diferentes altitudes

El sitio donde se realizó la investigación presenta un amplio rango de pisos altitudinales, con altitudes comprendidas desde los 160 msnm hasta sitios con 1670 msnm lo que establece diferentes condiciones ambientales que pueden influir sobre las comunidades de macrofauna, como ser la humedad, temperatura y precipitaciones.

Haciendo referencia a densidad de individuos, se puede observar una distribución de organismos en varias categorías de rangos en toda la zona con influencia en la parte baja de la subcuenca (Figura 14). Presencia de 1-20 ind.m⁻² existe una mayor distribución en la parte baja de la subcuenca siendo un área de 83.3 km² a una altitud de 170-380 msnm. Esta

poca actividad biológica se encuentra en la parte baja del municipio de Gualcinse (San Marcos, Santa Cruz, Tixila Gualcea) donde hay prevalencia de pastizales y cultivos agrícolas y una proporción en la parte alta (El Contado, Esquipara) en altitud de 1100-1600 msnm donde predominan bosques de pino y roble con presencia de suelos ácidos. Además se agrupan macroorganismos dentro del rango, en la parte baja y media del municipio de La Virtud (El Zapotal, San Francisco, Catulaca El Limón, San José) y Mapulaca (El Llano, Santa Rita) con vegetación similar a la parte baja del municipio anterior.

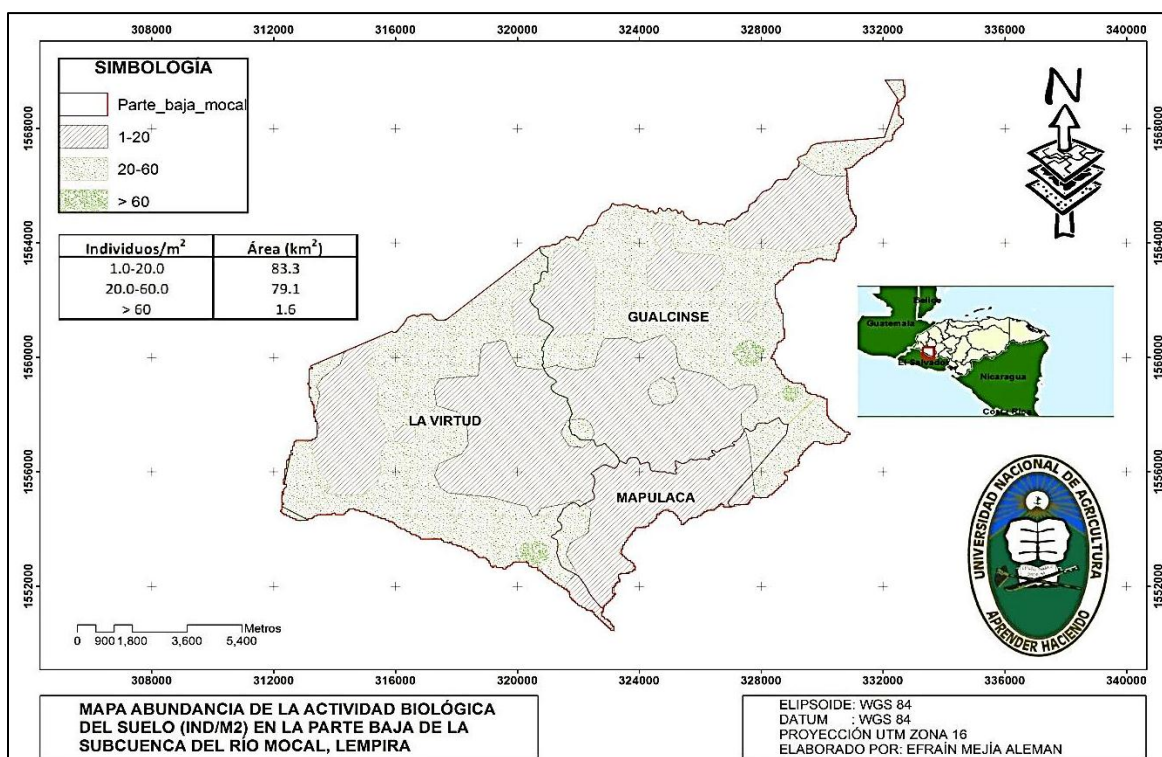


Figura 14. Mapa de distribución espacial de la densidad de la macrofauna a diferentes rangos, en el estudio de la macrofauna del suelo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, Honduras.

En la categoría de 20-60 ind.m⁻² siendo una actividad biológica común, existe una distribución en la parte media (250-900 msnm) en el municipio La Virtud (La Trinidad, La Majada, La Cuesta) y Gualcinse (Tenango, El Zompopo, Guatemalita) conformando un área aproximada de 79.1 km² donde se encuentran suelos en barbecho y cultivos agrícolas.

Finalmente el rango con predominio de mayor a 60 ind.m^{-2} siendo de la categoría de mucha actividad biológica, hay menor distribución en la zona de estudio conformando poca área de 1.6 km^2 , encontrándose en la parte baja (Los Hernández, La Virtud) y en la parte media (Tenango, Gualcinse), donde la cobertura de suelo fueron cultivos agrícolas.

Sin embargo la biomasa de la macrofauna del suelo en esta zona presenta una distribución similar en toda la subcuenca (Figura 15). Esta categorizada en rangos, y los valores bajos oscilan de $0-10 \text{ g.m}^{-2}$ que está representada en un área aproximada de 133.3 km^2 siendo la el rango más encontrado en todos los usos de suelo y las diferentes altitudes en la zona caracterizada. Por otro lado, el rango de $10-20 \text{ g.m}^{-2}$ se encuentra agrupado en 28 km^2 siendo en la parte media del municipio de Gualcinse y La Virtud.

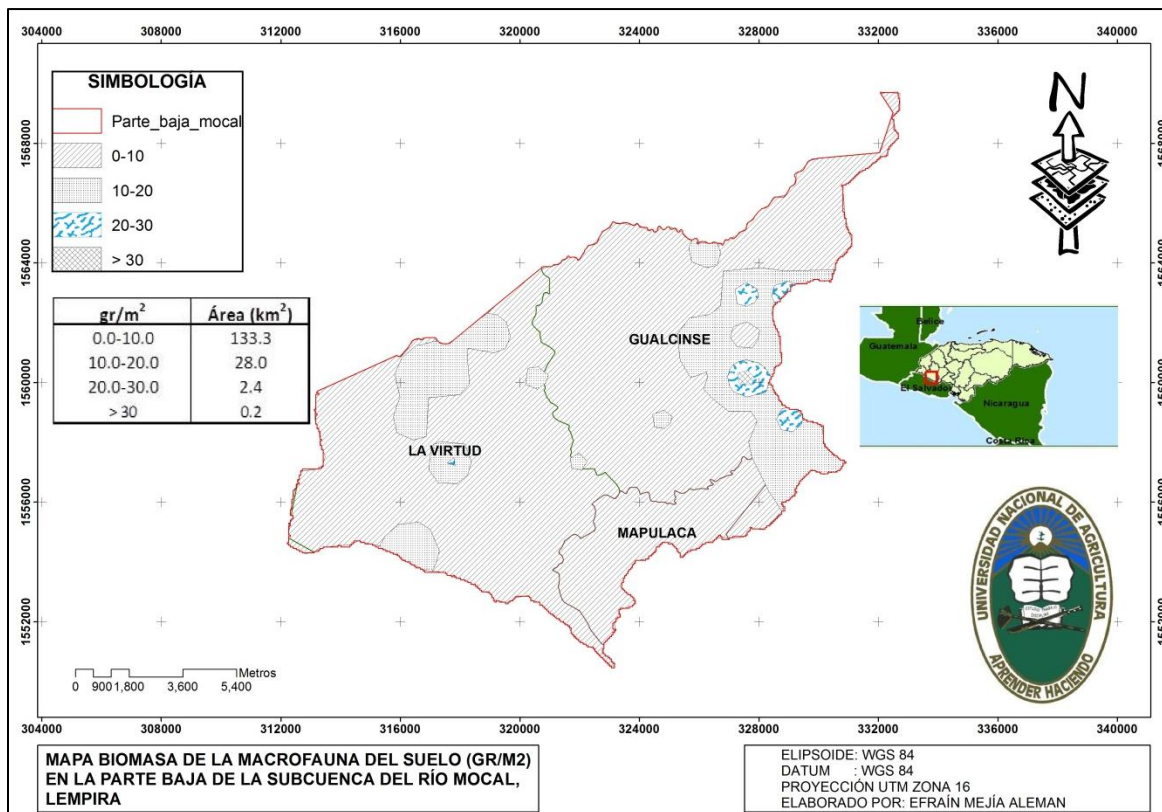


Figura 15. Mapa de distribución espacial de la biomasa de la macrofauna a diferentes rangos, en el estudio de la macrofauna del suelo en la parte baja de la subcuenca del río Mocal, Honduras.

Finalmente una baja distribución de 2.4 km² comprende un rango de 20-30 g.m⁻², en la parte media de Gualcinse (Tenango). De manera general, de acuerdo a la distribución de la densidad de macrofauna del suelo y biomasa en la parte baja de la subcuenca, no se observa una relación entre las diferentes altitudes y las variables antes mencionadas, ya que los rangos establecidos se pueden encontrar de igual manera tanto en la parte baja, media ó alta. Probablemente se atribuye a la relación existente con la cobertura vegetal predominante en los gradientes altitudinales, además las diferentes poblaciones encontradas de macrofauna se adaptan en las diferentes condiciones ambientales que existen en la subcuenca.

5.10.1. Relación de la macrofauna edáfica con el uso de suelo y altitud

En el análisis multivariado se agrupan variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. En este caso se agrupan las variables de biomasa y densidad de la macrofauna bajo la influencia de los usos de suelo y los gradientes de altitud en la zona bajo estudio. Para reflejar los conglomerados o agrupaciones que se forman, se realiza a través de un dendograma (Figura 15).

En el dendograma se refleja la formación de cuatro conglomerados bajo un índice de similaridad de las variables de 0.10. El primer grupo homogéneo está conformado por las muestras 43 (izquierda de la gráfica) hasta la 2 con tendencia hacia el centro de la gráfica, donde el uso de suelo en común son pastizales y barbecho, con densidades que oscilan de 1-35 ind.m⁻² y biomasa de 1-12 g.m⁻², la altitud que predomina es de 170-800 msnm, siendo la altitud y uso de suelo que vuelve homogénea esta agrupación.

El segundo grupo o clúster de suelos similares de acuerdo a las variables densidad y biomasa, está comprendido entre la muestra 19 hasta la 22 (Derecha del gráfico), siendo bosque secundario que predomina en esta agrupación, además se encuentra una densidad de 1-10 ind.m⁻², biomasa que oscila de 1-5 g.m⁻² siendo valores inferiores al grupo anterior, estos sitios muestreados los pisos altitudinales van de 1100-1600 msnm.

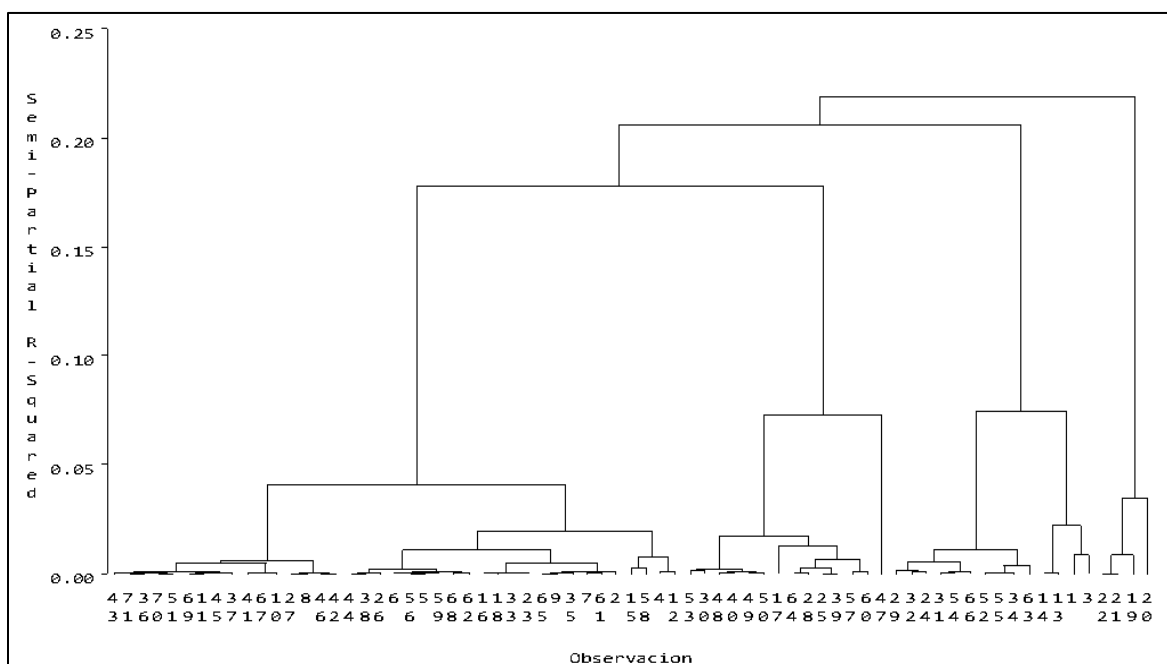


Figura 16. Clúster de la densidad y biomasa de la macrofauna en 71 muestras realizadas, en el estudio de la macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

En cuanto al tercer conglomerado con características similares, se concentra seguido del grupo anterior con tendencia al centro de la gráfica, en estos suelos predominan una densidad de 25-40 ind.m⁻² y un peso de individuos de 11-20 g.m⁻². La altitud oscila de 220-450 msnm, siendo un rango más cercano en comparación a los demás grupos, las coberturas que predominan son barbecho y pastizales.

Los suelos que presentan características homogéneas y forman un cuarto grupo, son las muestras comprendidas en las observaciones 15 hasta 50 (Centro del gráfico), estos sitios presentan densidades dentro del rango 10-63 ind.m⁻² y biomasa de 2-21 g.m⁻², siendo suelos con cobertura de cultivo agrícolas y menor cantidad bosque secundario, el rango de altitud es 170-900 msnm. Finalmente el quinto clúster agrupa las muestras 17 hasta la 60 (Centro de gráfico), con similitud en la densidad que ondea de 20-55 ind.m⁻² y una biomasa de 2-15 g.m⁻², la altitud que prevalece es 220-500 msnm y una cobertura vegetal de barbecho, pastizales y cultivos agrícolas.

Haciendo énfasis a las correlaciones entre las variables de la macrofauna, uso de suelo y altitud, los valores que se acercan a 1 significan una mayor correlación ó asocio (Cuadro 4). La densidad se relaciona con un máximo nivel de significancia con el peso de los individuos de forma positiva ($r= 0.80$), con la cobertura ó uso de suelo y la altitud no es significativa, ya que los valores son bajos $r= 0.02$ y $r=0.13$ respectivamente. Mientras el peso lo hace de forma positiva con la densidad de individuos ($r=0.80$), con la cobertura hay un asocio negativo ($r= -0.10$) y la altitud un asocio positivo de menor grado ($r= 0.18$). En cuanto a la altitud y cobertura del suelo no existe una correlación significativa ($r= 0.04$).

Cuadro 4. Correlaciones entre los factores y variables en el estudio de macrofauna del suelo.

Correlaciones entre los factores				
	Individuos.m ⁻²	Biomasa de indiv.	Cobertura	Altitud
Individuos.m ⁻²	1	0.80	0.02	0.13
Biomasa de indiv.	0.80	1	-0.10	0.18
Cobertura	0.02	-0.10	1	0.04
Altitud	0.13	0.18	0.04	1

Estos valores muestran que no existe un efecto significativo en cuanto al uso de suelo sobre la macrofauna edáfica para la parte baja de la subcuenca del río Mocal, debido a la implementación de prácticas en los sistemas de producción de la zona que favorecen a la incorporación de materia orgánica favorables a los macroorganismos. Es importante mencionar que existen otros factores ambientales e intrínsecos del propio suelo que influyen en las comunidades de macrofauna y esto puede generar un “ruido” en este tipo de estudios.

La altitud no presentó efecto sobre las poblaciones de macrofauna, ya que los taxones registrados se presentan en las altitudes bajas, intermedias y altas de la zona bajo estudio, distribuidos de manera similar, siendo poco afectados por las diferentes condiciones ambientales, aunque en la biomasa pudo tener una ligera influencia aunque no relevante.

VI CONCLUSIONES

- La riqueza y diversidad de los diferentes grupos funcionales de las comunidades de la macrofauna del suelo varió de acuerdo a la intensidad y frecuencia de perturbación de los ecosistemas. De manera general se encontraron 18 taxones de macroorganismos, lo que refleja diversidad de las especies en los diferentes usos de suelo. La distribución de macrofauna en los estratos de profundidad se concentra en la capa superficial de 10 cm.
- Las prácticas de manejo en los cultivos agrícolas bajo un sistema agroforestal promueven la presencia de residuos en ausencia completa del laboreo conjuntamente a la diversificación espacial y temporal (rotaciones) de especies vegetales, alojan comunidades que presentan mayor riqueza y diversidad con predominio de especies de hábito detritívoro o descomponedor.
- Los barbechos presentaron una densidad inferior a los cultivos agrícolas pero con valores altos de biomasa, en correspondencia a una mayor estabilidad y un menor grado de intervención. En los pastizales la densidad y biomasa fue inferior a los usos anteriores ya que hay un nivel intermedio de antropización, debido al manejo ganadero. En bosques secundarios se encontraron los valores más bajos, debido a las condiciones de los suelos predominantes en estos sitios y no hay diversificación espacial y temporal de vegetación.
- Los resultados sobre la riqueza taxonómica, densidad y la biomasa de la macrofauna del suelo indicaron el nivel de perturbación del medio edáfico, habiendo una correlación negativa con el uso de suelo, sin embargo las diferentes altitudes no influyen en los valores encontrados en este estudio ya que no hay una correlación significativa.

VII RECOMENDACIONES

- Para generar mayor información de la macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, es necesario realizar un estudio de este tipo a nivel temporal refiriéndose a épocas del año, tanto en temporada lluviosa y seca, ya que las comunidades de organismos presentan dinámicas reproductivas en ciertas épocas.
- Para ampliar el concepto de uso del suelo y la macrofauna edáfica, es importante incluir nuevos tipos de explotaciones agrícolas como ser plantaciones de frutales u otros tipos de cultivos industriales para evaluar el comportamiento de las poblaciones de macroorganismos en esos ecosistemas.
- Es importante considerar una caracterización de comunidades de lombrices de tierra en los diferentes sistemas de uso de suelo o cobertura, para reconocer que especies se adaptan a cada uno de estos, ya que la presencia de estas pueden ser un indicador de calidad del suelo.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Altieri, MA. 1995. Traditional Agriculture. In: Altieri, M.A. (ed) *Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture*. Westview Press, Boulder, 107-145 p.

Álvarez Castillo, H.; Gizzi, A.; Manetti L.; López A.; Clemente N.; Studdert P. 2009. Caracterización de la meso y macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del Sudeste Bonaerense. *Ciencia del suelo*. vol.27 no.1. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

Anderson, JM.; Ingram, JSI. (eds) (1989) *Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods*, 1st edition, CAB International, Wallingford (en línea). Consultado el 27 abril de 2013. Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones>.

Bignell, DE; Constantino R.; Csuzdi, C.; Karyanto, A.; Konaté, S.; Louzada, J.; Susilo, F.; Tondoh, JE.; Zanetti, R. 2005. Manual de biología de suelos tropicales. Macrofauna (en línea). Consultado 15 may. 2013. Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx>

Brizuela, L; Barreto, H. CIAT. Octubre 1998. Valoración de la contribución de las leguminosas de cobertura al reciclaje de nutrientes en sistemas de producción de maíz en los departamentos de Atlántida y Yoro, Honduras (en línea). Disponible en la web: <http://www.intertel.hn/org/ciathill/BIBLIOT/Dp42/antec42.htm>.

Carmona, A.; Monsalve, J. 1997. Sistemas de información geográfica (En línea) consultado el 21 de mayo del 2013. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>.

Chamorro, C. 1990. Las lombrices de tierra (macrofauna) en correlación con las características químicas del páramo de Sumapaz. En: Biología de suelos. Investigaciones Subdirección Agrológico. Vol. 2 N°. 1. IGAC -Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. pp. 21-45.

Clasificación de tierras según su uso mayor (en línea). Universidad Mayor de San Simón (UMSS), Bolivia. Consultado el 5 de mayo de 2013. Disponible en la web: <http://www.umss.edu.bo>.

Elbersen, GW; Benavides, ST.; Botero, PJ. 1986. Metodología para levantamientos edafológicos. Segunda parte: Especificaciones y manual de procedimientos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Bogotá. 82 p.

Escoto Durón, FJ. 2009. Estudio semidetallado de los suelos de la finca Santa Lucía, Choluteca, Honduras, para el cultivo de piñón (*Jatropha curcas*). Tesis Ing. Agr. Escuela Panamericana Zamorano, Honduras. 41 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2009. Guía práctica para la descripción de suelos. Trad. R. Vargas Rojas (Universidad Mayor de San Simón, Bolivia). Cuarta edición. Roma, Italia. Pág. 51-56.

_____.s.f. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible: materia orgánica y actividad biológica (en línea). Consultado 20 may. 2013. Disponible en la web: <http://www.fao.org/ag/ca>.

_____.1989. Leyenda Revisada del Mapa Mundial de Suelos. FAO, Roma. Italia. Consultado (en línea) el 22 de abril de 2013. Disponible en la web: <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro>.

García Inestroza, E.D. 2011. Evaluación del impacto del uso ganadero sobre suelo y vegetación en el Sistema Agroforestal Quezungal (SAQ) en el sur de Lempira, Honduras. Tesis *Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 120 pág.

Hellin, J.; Welchez, LA.; Cherrett, I. 1999. The Quezungal System: an indigenous agroforestry system from Western Honduras. *Agroforestry Systems* 46:229-237.

Huising, JE; Coe, R; Cares JE; Louzada, JN; Zanetti, R; Moreira, FM; Susilo, F; Konaté, S; Noordwijk, MV; Huang, SP. 2005. Manual de biología de suelos tropicales. Diseño y estrategias de muestreo para la evaluación de la biodiversidad del suelo. Consultado (en línea) el 4 jun. 2013. Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx>

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).1986. Acción pedobiológica de la mesofauna en algunos suelos de la Orinoquia. En: Diagnóstico geográfico nororiente del Vichada. Vol. 5.2: Suelos. IGAC. Bogotá. pp: 60-92.

Instituto Geográfico Nacional (IGN) 1999. Segundo anuario estadístico de Honduras. Caracterización geográfica y ambiental. Tegucigalpa- Comayagüela, Honduras, volumen I. 120 p. Consultado en línea el 15 may 2013. Disponible en la web: <http://www.hondurasinfo.hn>.

Jaramillo, D. 2002. Ciencia del suelo. Facultad de ciencias de la Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Consultado (en línea) el 23 de abril de 2013. Disponible en la web: <http://www.bdigital.unal.edu.co>.

_____; Parra L. N.; González, L. H. 1994. El recurso suelo en Colombia: Distribución y evaluación. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 88 p.

Juárez, R D. 2012. Efecto de la biota edáfica en la fertilidad del suelo en el sistema milpa intercalada con árboles frutales (MIAF). Tesis Ph.D. Colegio de postgraduados, campus Puebla, Puebla. México. 125 p.

Lavelle, P. y Spain, A. V. (2001) *Soil Ecology*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Consultado (en línea) el 3 jun. 2013. Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx>.

Mikanova, O. 2006. Effects of heavy metal on some soil biological parameters, *Journal of Geochemical Exploration* (en línea). 88 pp 220-223. Consultado el 24 de abril de 2013. Disponible en la web: <http://www.geociencias.unam.mx>.

Muñoz Laínez, M.R. 2013. Caracterización química de suelos según su uso y diferentes pisos altitudinales con influencia en la región sur de la sub cuenca del río Mocal, departamento de Lempira, Honduras. Tesis Ing. Agrónomo en el grado de licenciatura, Catacamas, Honduras. Universidad Nacional de Agricultura.

Netuzhilin, I., Chacon, P., Cerda, H., López-Hernández, D., Torres, F. and Paoletti, M.G. 1999. Assessing agricultural impact using ant morphospecies as bioindicators in the Amazonian savanna-forest ecotone (Puerto Ayacucho, Amazon State), Venezuela. In Reddy, M.V. (ed) *Management of Tropical Agroecosystems and the Beneficial Soil Biota*. Science Publishers, Enfield, 288–350 p.

Ordóñez-Barragán, J. 2004. Main factors influencing maize production in the Quesungual agroforestry system in Southern Honduras: An exploratory study. Tesis de maestría. Wageningen University, Wageningen, Holanda, 96 p.

Okwakol, M.J.N. 1994. The effect of change in land use on soil macrofauna communities in Mabira Forest, Uganda. *African Journal of Ecology* **32**:273-282.

Pauli, N. 2008. Influencias ambientales sobre la distribución espacial y temporal de la macrofauna del suelo en pequeñas explotaciones agroforestales del oeste de Honduras. Tesis Ph.D. School of Health and Geographical Sciences. The University of Western Australia. 333 p.

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 15 may. 2013. Disponible en la web: <http://www2.ine.gob.mx>.

Vargas, J. R. 1999. Sistema de gestión y Ordenamiento Territorial a través de la Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para el Municipio de Cercado Cochabamba. Tesis de grado Ing. Agr. FCA y P. UMSS. 5-15 p.

ANEXOS

Anexo 1. Formato para la toma de datos de la macrofauna del suelo a nivel de campo.

Universidad Nacional de Agricultura (UNA).

Tesis Macro fauna del suelo. Ingeniería Agronómica

Datos a considerar:

1. Fecha: _____ Numero de punto: _____
2. Altura: _____ Precipitación pluvial de la fecha: _____
3. Uso del suelo: _____
4. Numero de especímenes encontrados en:
Hojarasca _____ 0- 10 cm _____ 10-20 cm _____ 20-30 cm _____
Total _____
5. Peso total (g) de los individuos por capa del monolito:
Hojarasca _____ 0- 10 cm _____ 10-20 cm _____ 20-30 cm _____
Total _____
6. Descripción de especies y número de individuos / especie: _____

7. Capas donde se encontraron las lombrices (no.):
Superficie: _____ subsuperficie: _____ horizontes profundos _____
8. Observaciones de actividad biológica: _____

Anexo 2. Cuadro de la densidad de macrofauna del suelo, en el estudio de macrofauna en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

Observación	Uso de suelo	Altitud (msnm)	Coordenadas		Organismos por estrato de profundidad (Ind./m²)			
			X	Y	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	Total ind.m²
1 MG	Cult. Agric.	688	328938	1558751	2.8	37.5	23.2	63.5
2 MG	Pastizal	519	327538	1558751	1.0	12.5	0.0	13.5
3 MG	Barbecho	819	327538	1560151	2.8	73.2	8.9	84.9
4 MG	Pastizal	730	326138	1560151	0.6	21.4	1.8	23.8
5 MG	Barbecho	525	326138	1558751	0.4	5.4	0.0	5.8
6 MG	Pastizal	480	326138	1557351	0.0	0.0	0.0	0.0
7 MG	Cult. Agric.	440	324738	1557351	0.6	12.5	1.8	14.9
8 MG	Barbecho	295	323338	1558751	1.4	8.9	0.0	10.3
9 MG	Pastizal	381	323338	1560151	0.2	14.3	0.0	14.5
10 MG	Cult. Agric.	177	323338	1557351	1.2	16.1	0.0	17.3
11 MG	Pastizal	233	321938	1558751	1.0	5.4	0.0	6.4
12 MG	Cult. Agric.	915	328938	1561551	3.4	17.9	5.4	26.6
13 MG	Pastizal	981	328938	1562951	1.4	32.1	14.3	47.8
14 MG	Pastizal	927	327538	1562951	0.8	33.9	10.7	45.4
15 MG	Barbecho	813	326138	1562951	1.0	1.8	0.0	2.8
16 MG	Bosq. Sec.	553	327538	1564351	0.6	8.9	0.0	9.5
17 MG	Pastizal	420	323338	1564351	0.6	41.1	0.0	41.7
18 MG	Barbecho	620	324738	1562951	1.2	8.9	0.0	10.1
19 MG	Bosq. Sec.	1592	330338	1565751	1.0	8.9	0.0	9.9
20 MG	Barbecho	1665	330338	1567151	0.6	42.9	0.0	43.5
21 MG	Bosq. Sec.	1147	328938	1565751	0.4	0.0	0.0	0.4
22 MG	Bosq. Sec.	1100	328938	1564351	0.8	0.0	0.0	0.8
23 MG	Bosq. Sec.	587	324738	1564351	1.4	16.1	0.0	17.5
24 MG	Pastizal	497	326138	1564351	0.6	33.9	0.0	34.5
25 MG	Pastizal	494	323338	1562951	4.6	16.1	16.1	36.7
26 MG	Pastizal	362	321938	1562951	2.6	3.6	0.0	6.2
27 MG	Pastizal	318	321938	1561551	4.0	5.4	0.0	9.4
28 MG	Pastizal	347	323338	1561551	3.2	32.1	0.0	35.3
29 MG	Pastizal	363	324738	1561551	0.6	23.2	0.0	23.8
30 MG	Cult. Agric.	306	321938	1560151	0.0	30.4	0.0	30.4
31 MG	Barbecho	216	321938	1557351	2.6	25.0	3.6	31.2
32 MG	Barbecho	450	324738	1558751	1.8	23.2	0.0	25.0
33 MG	Pastizal	600	327538	1561551	2.2	10.7	0.0	12.9
34 MG	Pastizal	437	326138	1561551	1.0	30.4	5.4	36.7
35 MG	Pastizal	390	324738	1560151	0.6	14.3	0.0	14.9
36 MM	Barbecho	190	323358	1555952	0.4	3.6	0.0	4.0
37 MM	Barbecho	235	323358	1554552	1.8	8.9	0.0	10.7
38 MM	Pastizal	393	323358	1551752	0.2	0.0	0.0	0.2
39 MM	Barbecho	480	324758	1550352	0.2	37.5	0.0	37.7
40 MM	Barbecho	225	321958	1554552	0.4	23.2	0.0	23.6

41 MM	Cult. Agric.	191	321958	1553152	0.8	14.3	0.0	15.1
42 LV	Bosq. Sec.	348	319153	1558750	1.0	16.1	0.0	17.1
43 LV	Pastizal	257	320553	1558750	0.6	0.0	0.0	0.6
44 LV	Bosq. Sec.	343	319153	1557350	0.8	0.0	0.0	0.8
45 LV	Pastizal	193	319153	1555950	0.8	7.1	0.0	7.9
46 LV	Pastizal	317	321953	1551750	1.6	14.3	0.0	15.9
47 LV	Cult. Agric.	280	320553	1553150	1.6	83.9	0.0	85.5
48 LV	Pastizal	228	320553	1554550	0.0	19.6	0.0	19.6
49 LV	Barbecho	270	319153	1554550	0.0	25.0	0.0	25.0
50 LV	Pastizal	274	320553	1562950	0.4	26.8	0.0	27.2
51 LV	Pastizal	222	320553	1561550	0.0	3.6	0.0	3.6
52 LV	Barbecho	343	319153	1561550	1.2	32.1	0.0	33.3
53 LV	Cult. Agric.	364	319153	1560150	0.8	16.1	0.0	16.9
54 LV	Pastizal	245	320553	1560150	0.4	32.1	0.0	32.5
55 LV	Barbecho	400	317753	1560150	1.4	30.4	0.0	31.8
56 LV	Bosq. Sec.	471	317753	1558750	0.6	5.4	0.0	6.0
57 LV	Bosq. Sec.	500	316353	1560150	0.4	53.6	0.0	54.0
58 LV	Barbecho	670	314953	1560150	0.4	16.1	0.0	16.5
59 LV	Barbecho	479	314953	1558750	0.4	7.1	0.0	7.5
60 LV	Pastizal	470	316353	1558750	1.0	53.6	0.0	54.6
61 LV	Barbecho	480	316353	1557350	1.2	16.1	0.0	17.3
62 LV	Bosq. Sec.	537	314953	1557350	0.0	10.7	0.0	10.7
63 LV	Barbecho	287	317753	1557350	2.2	37.5	0.0	39.7
64 LV	Barbecho	315	316353	1555950	0.2	33.9	0.0	34.1
65 LV	Barbecho	380	314953	1555950	0.2	12.5	0.0	12.7
66 LV	Bosq. Sec.	238	316353	1554550	5.2	37.5	0.0	42.7
67 LV	Barbecho	280	317753	1555950	1.0	14.3	0.0	15.3
68 LV	Bosq. Sec.	420	320553	1557350	0.0	7.1	0.0	7.1
69 LV	Pastizal	225	321953	1555950	0.0	5.4	0.0	5.4
70 LV	Cult. Agric.	243	320553	1555950	0.4	1.8	0.0	2.2
71 LV	Pastizal	176	320553	1554550	0.2	3.6	0.0	3.8
Total de organismos					76.8	1378.6	91.1	1546.4
Promedio					1.08	19.42	1.28	
Desviación estándar					1.10	16.86	4.06	
Error desviación estándar					0.13	2.00	0.48	

Uso de suelo: Barbecho, pastizal, Bosque secundario, cultivo agrícola. MG: Municipio Gualcinse, MM: Mapulaca, LV: La Virtud.

Anexo 3. Promedio de organismos encontrados por uso de suelo y diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

Uso/Estratos de profundidad	Barbecho	Pastizal	Bosque Secundario	Cultivo Agrícola
20-30 cm	0	0	0	0
10-20 cm	0.57	1.72	0.00	3.37
0-10 cm	22.16	17.73	13.69	25.60
Hojarasca	9.25	9.63	9.08	11.51

Anexo 4. Cuadro de la biomasa de macrofauna del suelo, en el estudio de la macrofauna de suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

Observación	Uso de suelo	Altitud (msnm)	Coordenadas		Peso por estrato de profundidad (g/m²)			
			X	Y	Hojasca	0-10 cm	10-20 cm	Peso total
1 MG	Cult. Agric.	688	328938	1558751	0.4	17.9	3.6	21.8
2 MG	Pastizal	519	327538	1558751	0.6	7.1	0.0	7.7
3 MG	Barbecho	819	327538	1560151	0.2	32.1	1.8	34.1
4 MG	Pastizal	730	326138	1560151	0.2	8.9	0.7	9.8
5 MG	Barbecho	525	326138	1558751	0.2	2.1	0.0	2.3
6 MG	Pastizal	480	326138	1557351	0.0	0.0	0.0	0.0
7 MG	Cult. Agric.	440	324738	1557351	0.2	5.4	0.5	6.1
8 MG	Barbecho	295	323338	1558751	0.3	2.1	0.0	2.4
9 MG	Pastizal	381	323338	1560151	0.1	6.3	0.0	6.3
10 MG	Cult. Agric.	177	323338	1557351	0.3	7.5	0.0	7.8
11 MG	Pastizal	233	321938	1558751	0.4	2.1	0.0	2.5
12 MG	Cult. Agric.	915	328938	1561551	0.2	8.0	1.8	10.1
13 MG	Pastizal	981	328938	1562951	0.3	17.5	8.6	26.4
14 MG	Pastizal	927	327538	1562951	0.2	20.4	4.5	25.1
15 MG	Barbecho	813	326138	1562951	0.3	0.4	0.0	0.6
16 MG	Bosq. Sec.	553	327538	1564351	0.3	4.1	0.0	4.4
17 MG	Pastizal	420	323338	1564351	0.1	2.7	0.0	2.7
18 MG	Barbecho	620	324738	1562951	0.5	4.5	0.0	4.9
19 MG	Bosq. Sec.	1592	330338	1565751	0.4	4.6	0.0	5.1
20 MG	Barbecho	1665	330338	1567151	0.3	5.4	0.0	5.7
21 MG	Bosq. Sec.	1147	328938	1565751	0.1	0.0	0.0	0.1
22 MG	Bosq. Sec.	1100	328938	1564351	0.1	0.0	0.0	0.1
23 MG	Bosq. Sec.	587	324738	1564351	0.2	6.4	0.0	6.7
24 MG	Pastizal	497	326138	1564351	0.1	12.5	0.0	12.6
25 MG	Pastizal	494	323338	1562951	0.4	6.8	0.0	7.2
26 MG	Pastizal	362	321938	1562951	0.3	1.6	0.0	1.9
27 MG	Pastizal	318	321938	1561551	0.2	2.0	0.0	2.2
28 MG	Pastizal	347	323338	1561551	0.4	8.0	0.0	8.4
29 MG	Pastizal	363	324738	1561551	0.2	7.7	0.0	7.9
30 MG	Cult. Agric.	306	321938	1560151	0.0	3.6	0.0	3.6
31 MG	Barbecho	216	321938	1557351	0.4	9.6	1.6	11.6
32 MG	Barbecho	450	324738	1558751	0.6	10.9	0.0	11.5
33 MG	Pastizal	600	327538	1561551	0.5	4.3	0.0	4.7
34 MG	Pastizal	437	326138	1561551	0.4	15.2	1.8	17.3
35 MG	Pastizal	390	324738	1560151	0.2	7.5	0.0	7.7
36 MM	Barbecho	190	323358	1555952	0.2	2.1	0.0	2.3
37 MM	Barbecho	235	323358	1554552	0.4	3.7	0.0	4.1
38 MM	Pastizal	393	323358	1551752	0.1	0.0	0.0	0.1
39 MM	Barbecho	480	324758	1550352	0.1	8.0	0.0	8.1
40 MM	Barbecho	225	321958	1554552	0.2	3.6	0.0	3.8

41 MM	Cult. Agric.	191	321958	1553152	0.3	5.5	0.0	5.8
42 LV	Bosq. Sec.	348	319153	1558750	0.2	3.8	0.0	4.0
43 LV	Pastizal	257	320553	1558750	0.3	0.0	0.0	0.3
44 LV	Bosq. Sec.	343	319153	1557350	0.2	0.0	0.0	0.2
45 LV	Pastizal	193	319153	1555950	0.2	2.1	0.0	2.3
46 LV	Pastizal	317	321953	1551750	0.2	3.8	0.0	4.0
47 LV	Cult. Agric.	280	320553	1553150	0.4	9.1	0.0	9.5
48 LV	Pastizal	228	320553	1554550	0.0	1.8	0.0	1.8
49 LV	Barbecho	270	319153	1554550	0.0	5.7	0.0	5.7
50 LV	Pastizal	274	320553	1562950	0.1	5.4	0.0	5.5
51 LV	Pastizal	222	320553	1561550	0.0	2.0	0.0	2.0
52 LV	Barbecho	343	319153	1561550	0.6	14.5	0.0	15.0
53 LV	Cult. Agric.	364	319153	1560150	0.0	0.9	0.0	0.9
54 LV	Pastizal	245	320553	1560150	0.2	12.9	0.0	13.1
55 LV	Barbecho	400	317753	1560150	0.2	15.0	0.0	15.2
56 LV	Bosq. Sec.	471	317753	1558750	0.0	1.8	0.0	1.8
57 LV	Bosq. Sec.	500	316353	1560150	0.1	12.5	0.0	12.6
58 LV	Barbecho	670	314953	1560150	0.0	2.7	0.0	2.7
59 LV	Barbecho	479	314953	1558750	0.0	3.2	0.0	3.3
60 LV	Pastizal	470	316353	1558750	0.2	15.0	0.0	15.2
61 LV	Barbecho	480	316353	1557350	0.3	5.7	0.0	6.0
62 LV	Bosq. Sec.	537	314953	1557350	0.0	2.1	0.0	2.1
63 LV	Barbecho	287	317753	1557350	0.2	20.5	0.0	20.7
64 LV	Barbecho	315	316353	1555950	0.1	8.9	0.0	9.0
65 LV	Barbecho	380	314953	1555950	0.1	5.7	0.0	5.8
66 LV	Bosq. Sec.	238	316353	1554550	2.4	12.9	0.0	15.3
67 LV	Barbecho	280	317753	1555950	0.6	5.7	0.0	6.3
68 LV	Bosq. Sec.	420	320553	1557350	0.0	0.9	0.0	0.9
69 LV	Pastizal	225	321953	1555950	0.0	2.1	0.0	2.1
70 LV	Cult. Agric.	243	320553	1555950	0.1	1.8	0.0	1.9
71 LV	Pastizal	176	320553	1554550	0.2	1.6	0.0	1.8
Total de organismos					17.6	458.2	24.8	
Promedio					0.25	6.45	0.35	
Desviación estándar					0.30	6.02	1.26	
Error desviación estándar					0.04	0.71	0.15	

Uso de suelo: Barbecho, pastizal, Bosque secundario, cultivo agrícola. MG: Municipio Gualcinse, MM: Mapulaca, LV: La Virtud.

Anexo 5. Biomasa media encontrada en diferentes usos de suelo y a diferentes estratos de profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

Uso/Estratos de profundidad	Barbecho	Pastizal	Bosque Secundario	Cultivo Agrícola
20-30 cm	0.00	0.00	0.00	0.00
10-20 cm	0.15	0.55	0.00	0.65
0-10 cm	7.83	6.33	4.09	6.63
Hojarasca	2.31	1.89	3.03	1.91

Anexo 6. Taxones de la macrofauna encontrados en diversos usos de suelo, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

No.	Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Barbecho	Pastizales	Bosque secundario	Cultivo agrícola	Total	% del total
1	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	Phyllophaga sp.	larva Gallina ciega,adulto	60	28	41	17	146	12.10
3		Coleoptera	Curculionidae		Escarabajo picudo	1	1			2	0.17
4		Coleoptera	Lampiridae	Lampyris noctiluca	Luciérnaga	2			1	3	0.25
5		Coleoptera	Coccinellidae	Epilachna spp.	Mariquita	1	3			4	0.33
6		Coleoptera	Scolytidae		Escarabajitos	3		2	11	16	1.33
7		Coleoptera	Elateridae	Agriotes ipsilon	Gusano alambre	4	3	6	3	16	1.33
8		Coleoptera	Carabidae		Escarabajo de color	5	2		2	9	0.75
9		Hemíptera	Pentatómidae	Disdercus sp	chinche	4	3		3	10	0.83
10		Dermaptera	Forficulidae	Forficula spp.	Tijerilla	3				3	0.25
11		Lepidoptera	Pieridae	Pieris sp.	mariposa	5	14		1	20	1.66
12		Lepidoptera	Geometridae	Geometra spp.	Gusano medidor	12	10			22	1.82
13		Orthoptera	Acrididae	Melanoplus spp.	saltamonte	12	22	5	2	41	3.40
14		Orthoptera	Tettigonidae	Tettigonia viridissima	Esperanzas	2		1		3	0.25
15		Orthoptera	Gryllidae	Gryllus sp	Grillo	2	4	2		8	0.66
16		Hymenoptera	Formicidae	Solenopsis sp	Hormigas	14	35	4	23	76	6.30
17		Hymenoptera	Formicidae	Atta sp	Zompopo	8	20	2	1	31	2.57
18		Hymenoptera	Apidae	Apis sp	Abeja		13		1	14	1.16
19		Hymenoptera	Vespidae	Polybia spp	Avispas				3	3	0.25
20		Homoptera	Cicadidae	Cicada sp	Cigarra	8	3	3	1	15	1.24
21		Homoptera	Cercopidae	Prosopia sp	Salivaso	1	1			2	0.17
22		Homoptera	Cicadellidae	Empoasca kraemeri	Lorito verde	1			1	2	0.17
23		Blattaria	Blattidae	Periplaneta americana	Cucaracha	4	4			8	0.66
24		Diptera	Muscidae	Musca sp.	Mosca	6	8	1		15	1.24
25		Isóptera	Termitidae	Psammotermes allocerus	Termitas	18	32		32	82	6.79
26		Odonata	Libellulidae	Libellula spp.	Libelula		1			1	0.08
27		Phasmida	Phasmatidae	Carausius morosus	Insecto palo	1				1	0.08
28		Thysanura	Lepismatidae		Pescadito de plata	2				2	0.17

30	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	Lumbricus terrestris	Lombriz de tierra	137	214	43	71	465	38.53
31											0.00
32	Diplopoda	Spirobolida	Spirobolidae	Spirobolus marginatus	Milpies	49	27	28	16	120	9.94
33	Chilopoda	Geophilomorfa	Himantariidae	Haplophilus subterraneus	ciempies	12	3	9	5	29	2.40
34											0.00
35	Arachnida	Araneae	Araneidae	Araniella sp.	Arañas	17	7	8	5	37	3.07
36	Mollusca				Babosa	1				1	0.08
											100.00
Total de organismos						395	458	155	199	1207	
Promedio						13.62	19.91	11.07	10.47		
Total de muestras						22	28	12	9	71	

Anexo 7. Taxones de la macrofauna encontrados a diferente profundidad, en el estudio de macrofauna del suelo en la subcuenca del río Mocal, Honduras.

No.	Clase	Orden	Familia	Especie	Nombre común	Grupo Funcional	Barbecho	Pastizales	Bosque secundario	Cultivo agrícola	Total	% del total
1	Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae	<i>Phyllophaga sp.</i>	Larva Gallina ciega,adulto	1,3,4,5	60	28	41	17	146	12.10
3		Coleoptera	Curculionidae		Escarabajo picudo	2	1	1			2	0.17
4		Coleoptera	Lampiridae	<i>Lampyris noctiluca</i>	Luciérnaga		2			1	3	0.25
5		Coleoptera	Coccinellidae	<i>Epilachna spp.</i>	Mariputa	4,5	1	3			4	0.33
6		Coleoptera	Scolytidae		Escarabajito	2,3	3		2	11	16	1.33
7		Coleoptera	Elateridae	<i>Agriotes ipsilon</i>	Gusano alambre	2	4	3	6	3	16	1.33
8		Coleoptera	Carabidae		Escarabajo de color	3	5	2		2	9	0.75
9		Hemiptera	Pentatomidae	<i>Disdercus sp</i>	Chinche	1,5	4	3		3	10	0.83
10		Dermaptera	Forficulidae	<i>Forficula spp.</i>	Tijerilla	1,3,4	3				3	0.25
11		Lepidoptera	Pieridae	<i>Pieris sp.</i>	Mariposa	1,5	5	14		1	20	1.66
12		Lepidoptera	Geometridae	<i>Geometra spp.</i>	Gusano medidor	1,5	12	10			22	1.82
13		Orthoptera	Acrididae	<i>Melanoplus spp.</i>	Salta monte	1,5	12	22	5	2	41	3.40
14		Orthoptera	Tettigonidae	<i>Tettigonia viridissima</i>	Esperanzas	1,5	2		1		3	0.25
15		Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus sp</i>	Grillo	1,5	2	4	2		8	0.66
16		Hymenoptera	Formicidae	<i>Solenopsis sp</i>	Hormiga	1,2,4	14	35	4	23	76	6.30
17		Hymenoptera	Formicidae	<i>Atta sp</i>	Zompopo	1,2,4	8	20	2	1	31	2.57
18		Hymenoptera	Apidae	<i>Apis sp</i>	Abeja			13		1	14	1.16
19		Hymenoptera	Vespidae	<i>Polybia spp</i>	Avispa					3	3	0.25
20		Homoptera	Cicadidae	<i>Cicada sp</i>	Cigarra	1,5	8	3	3	1	15	1.24
21		Homoptera	Cercopidae	<i>Prosopia sp</i>	Salivazo	1,5	1	1			2	0.17
22		Homoptera	Cicadellidae	<i>Empoasca kraemeri</i>	Lorito verde	1,5	1			1	2	0.17
23		Blattaria	Blattidae	<i>Periplaneta americana</i>	Cucaracha	3	4	4			8	0.66
24		Diptera	Muscidae	<i>Musca sp.</i>	Mosca	1,3,4,5	6	8	1		15	1.24
25		Isóptera	Termitidae	<i>Psammotermes allocerus</i>	Termita	2,3	18	32		32	82	6.79
26		Odonata	Libellulidae	<i>Libellula spp.</i>	Libelula	4		1			1	0.08
27		Phasmida	Phasmatidae	<i>Carausius morosus</i>	Insecto palo	1	1				1	0.08
28		Thysanura	Lepismatidae		Pescadito de plata	3,4	2				2	0.17

30	Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae	<i>Lumbricus terrestris</i>	Lombriz de tierra	2, 3	137	214	43	71	465	38.53
31												0.00
32	Diplopoda	Spirobolida	Spirobolidae	<i>Spirobolus marginatus</i>	Milpies	3,5	49	27	28	16	120	9.94
33	Chilopoda	Geophilomorfa	Himantariidae	<i>Haplophilus subterraneus</i>	Ciempies	4	12	3	9	5	29	2.40
34												0.00
35	Arachnida	Araneae	Araneidae	<i>Araniella sp.</i>	Araña	4	17	7	8	5	37	3.07
36	Mollusca				Babosa		1				1	0.08
												100.00
Total de organismos							395	458	155	199	1207	
Promedio							13.62	19.91	11.07	10.47		
Total de muestras							22	28	12	9	71	

Grupo funcional: 1: Herbívoros, **2:** Ingenieros del ecosistema, **3:** Transformadores de hojarasca, **4:** Predadores, **5:** Plagas