



**ESTUDIO DE LA MESOFAUNA EDÁFICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO
JUBALYACU, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA
DE CHIMBORAZO.**

ELABORADO POR:

CRISTIAN ALEX VIVAS CHILLO

TRABAJO DE TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL

TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**RIOBAMBA-ECUADOR
2015**

EL TRIBUNAL DE TESIS, CERTIFICA QUE: El trabajo de investigación titulado **ESTUDIO DE LA MESOFAUNA EDÁFICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JUBALYACU, PARROQUIA ACHUPALLAS, CANTÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**, de responsabilidad del señor Egresado Cristian Alex Vivas Chillo, ha sido prolijamente revisado, quedando autorizada su presentación.

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Armando Espinoza
DIRECTOR

Ing. Oscar Guadalupe
MIEMBRO

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Riobamba, Junio del 2015

DEDICATORIA

A Dios, por darme la salud, permitirme ante las adversidades tomar las mejores decisiones y por finalmente cumplir mi meta.

A mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento de mi inteligencia y capacidad. Y porque el orgullo que sienten por mí, fue lo que me hizo ir hasta el final.

A mis hermanos, por brindarme siempre su fuerza y apoyo incondicional, porque me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A todos mis compañeros, Diego Haro, Marco Pilco, Jose Luis Amaguaya, Adrian Vistín y Diego Damián, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarme ayuda y apoyo cuando lo necesite, compartiendo los buenos y malos momentos en las aulas de clases, por estar en los momentos que más necesite de su apoyo gracias por la confianza y apoyo incondicional para seguir adelante y cumplir otra etapa en mi vida.

EL AUTOR

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento infinito a DIOS por darme la luz del conocimiento y perseverancia para concluir el presente trabajo.

El agradecimiento especial a mis padres quienes me han brindado todo el apoyo necesario para concluir con esta carrera, también a mis hermanos quienes con su apoyo han aportado en lograr mi gran objetivo ser un profesional, un agradecimiento a mis y amigos quienes siempre estuvieron dispuestos a brindarme ayuda y apoyo cuando lo necesite.

Un agradecimiento especial a mis profesores Armando Espinoza y Oscar Guadalupe quienes dieron todo de ellos para brindarme la mejor educación, mostrando siempre profesionalismo, sencillez y humildad para impartir sus conocimientos.

A la Universidad Nacional de Chimborazo a través del proyecto “Caracterización Biogeográfica de las subcuencas hídricas para la adaptación al cambio climático considerando el paisaje cultural andino de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo” por confiar en mí y darme su auspicio, en especial a los ingenieros Franklin Carga, Marco Rodríguez y Diego Damián que han sido guías en el trabajo desarrollado.

Finalmente un agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haber abierto sus puertas para realizar mis estudios superiores.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO	PAG.
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE GRÁFICOS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	ii
I. <u>TÍTULO</u>	1
II. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
A. JUSTIFICACIÓN	2
B. OBJETIVOS	3
C. HIPÓTESIS	3
III. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	4
A. MESOFAUNA DEL SUELO	4
1. <u>Artrópodos</u>	4
2. <u>Lombrices</u>	5
3. <u>Red trófica del suelo</u>	6
B. LAS LOMBRICES DE TIERRA Y LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA	7
1. <u>Estimulación y aceleración de la descomposición por la acción de las lombrices de tierra</u>	10
C. FUNCIONES DE LOS ORGANISMOS EN EL SUELO	10
1. <u>La diversidad de los organismos en el suelo</u>	10
2. <u>Distribución de los microorganismos</u>	12

D.	INVENTARIO DE MESOFAUNA UTILIZANDO MONOLITOS DE SUELO	12
1.	<u>Métodos de transecto para lombrices de tierra</u>	14
F.	DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS DEL SUELO	15
G.	CALIDAD DEL SUELO	16
1.	<u>Indicadores de la calidad del suelo</u>	17
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	19
A.	CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR	19
1.	<u>Localización</u>	20
a.	Superficie	20
2.	<u>Ubicación geográfica</u>	20
3.	<u>Características climáticas</u>	20
4.	<u>Ubicación ecológica</u>	20
B.	MATERIALES	21
1.	Materiales para campo	21
C.	METODOLOGÍA	22
1.	<u>Ubicación de estratos</u>	22
2.	<u>Bloques de suelo (Monolitos)</u>	22
3.	<u>Inventario mesofauna</u>	23
4.	<u>Evaluación biológica de la calidad del suelo</u>	24
a.	Medidas de dominancia	24
b.	Valor de importancia de especies	24
c.	Valor de importancia de familia	25
d.	Índices de diversidad y de similitud	26
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
VI.	CONCLUSIONES	42
VII.	RECOMENDACIONES	43

VIII. RESUMEN	44
IX. SUMMARY	45
X. BIBLIOGRAFÍA	46
XI. ANEXOS	54

LISTA DE CUADROS

N°	CONTENIDO	PAG.
1	Función esencial que desempeñan los diferentes tipos de organismos del suelo (FAO Soil Biodiversity Portal).	11
2	Ubicación de los puntos de monitoreo	28
3	Mesofauna edáfica presente en la microcuenca del río Jubalyacu	38
4	Índices de biodiversidad	40

LISTA DE GRÁFICOS

N°	CONTENIDO	PAG.
1	Variación de la Mesofauna en el transecto 01	29
2	Variación de la mesofauna en el transecto 02	30
3	Variación de la mesofauna en el transecto 03	31
4	Variación de la mesofauna en el transecto 04	32
5	Variación de la mesofauna transecto 05	33
6	Densidad de especies en el transecto 01	35
7	Densidad de especies en el transecto 02	35
8	Densidad de especies en el transecto 03	36
9	Densidad de especies en el transecto 04	36
10	Densidad de especies en el transecto 05	37

LISTA DE FIGURAS

Nº	CONTENIDO	PAG.
1	La lombriz	9
2	Triángulo Moebius para las tres dimensiones implícitas en el concepto sostenibilidad	18
3	Distribución de monolitos en transecto	22
4	Diseño del monolito	23
5	Área de estudio	27
6	Distribución de los puntos de muestreo	28

LISTA DE ANEXOS

Nº	CONTENIDO	PAG.
1	Toma de muestras de suelo en campo	54
2	Análisis de muestras en el laboratorio	56
3	Descripción de la mesofauna del suelo	57

I. ESTUDIO DE LA MESOFAUNA EDÁFICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO JUBALYACU, PARROQUIA ACHUPALLAS, CATÓN ALAUSÍ, PROVINCIA DE CHIMBORAZO

II. INTRODUCCIÓN

La mesofauna del suelo intercede en los procesos de descomposición de la materia orgánica, de aceleración y reciclaje de los nutrientes y, en particular, en el de mineralización del fósforo y el nitrógeno (García, A. y Bello, A. , 2004). Los grupos que la integran son reguladores del proceso trófico del medio edáfico, al ayudar en la formación de su microestructura con sus aportes de deyecciones, excreciones, secreciones y con sus propios cadáveres. También facilitan la diseminación de esporas, hongos y otros microorganismos, por lo que son conocidos como catalizadores de la actividad microbiana.

La mesofauna del suelo juega un papel importante en la naturaleza al participar en procesos de reciclaje de la materia orgánica, en la formación y conservación del suelo, y en el equilibrio de los ecosistemas naturales. Por esta razón se les reconoce como micro ingenieros del medio edáfico, ya que construyen galerías en el suelo y mejoran las propiedades físicas de este, al favorecer la aireación y la infiltración de agua. Por ello constituyen factores decisivos para el mantenimiento de su productividad.

Muchos de los grupos que integran la mesofauna son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las cuales provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad (Scheu, 2002). Por tales motivos, es considerada como un buen indicador biológico del estado de conservación del suelo.

El presente estudio permitió determinar el número de individuos, presentes en la mesofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo del sector, permitiendo valorar su influencia con el estado actual de conservación del ecosistema.

A. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio pretende contar con información actualizada, sobre la mesofauna edáfica debido a que estos organismos desempeñan un papel importante en los ecosistemas del suelo influyendo de manera notable en las propiedades físicas y químicas, sobre todo, en la creación de macroporos, en la transformación y redistribución de materia orgánica.

La mesofauna edáfica es una categoría zoológica cuyos componentes viven toda su vida en el suelo, promueven una variedad de servicios a los ecosistemas incluyendo: descomposición de la materia orgánica, mineralización de los nutrientes, secuestro de carbono, cambio y emisión de gases (incluyendo los gases del efecto invernadero), infiltración del agua en el suelo, agregación del suelo, protección de la planta contra enfermedades y plagas (control biológico), biorremediación y recuperación de áreas degradadas o contaminadas.

Los trabajos de investigación encaminados a determinar la calidad biológica de los suelos y la conservación de los recursos naturales, son el pilar fundamental para su preservación; el presente estudio constituye un importante aporte al conocimiento de la biodiversidad edáfica para el área de estudio, igualmente, dichos resultados serán un avance importante para la conservación y manejo de los recursos naturales, así como para su mesofauna asociada.

B. OBJETIVOS

1. Objetivo general

Estudiar la mesofauna edáfica en la microcuenca del río Jubalyacu, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.

2. Objetivo específico

- a. Realizar la zonificación del área de estudio.
- b. Realizar el inventario de la mesofauna edáfica.
- c. Determinar los índices de biodiversidad y su relación con la calidad biológica del suelo.

C. HIPÓTESIS

1. Hipótesis nula

La mesofauna edáfica no influye en la calidad biológica de los suelos.

2. Hipótesis alternante

La mesofauna edáfica influye en la calidad biológica de los suelos.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

A. MESOFAUNA DEL SUELO

La mesofauna, como parte de la biota edáfica, interviene en la descomposición de la materia orgánica, en la aceleración y el reciclaje de los nutrientes y en el proceso de mineralización del fósforo y el nitrógeno, factores decisivos para el mantenimiento de la productividad del suelo (Usher, 2006). Muchos de los grupos que la integran funcionan como bioindicadores de la estabilidad y la fertilidad del medio edáfico, ya que son muy sensibles a los cambios climáticos y a las perturbaciones antrópicas, lo que provoca variaciones en su densidad y diversidad.

Debido precisamente al papel ecológico que desempeñan los grupos de la biota edáfica, así como la susceptibilidad que poseen ante los cambios del medio y su relación con algunos atributos físicos y químicos, se consideran bioindicadores de la estabilidad y fertilidad del suelo, llegando a establecer el estado de los suelos en diversos usos de la tierra (Chocobar, 2010).

Los organismos ocupan diferentes posiciones dentro de la cadena alimenticia. El concepto cadena alimenticia dice que los organismos dentro de un ecosistema en particular están relacionados con una fuente de alimento más baja y entre sí a través de su(s) fuente(s) alimenticia(s). La mesofauna son invertebrados macroscópicos del suelo; los 3 componentes más representativos de este grupo son los artrópodos, las lombrices, y los nematodos.

1. Artrópodos

Un artrópodo es un animal invertebrado con un exoesqueleto (esqueleto externo), un cuerpo segmentado, y apéndices articulados. Los artrópodos son los miembros del phylum Arthropoda que significa “pies articulados” e incluye los insectos, arácnidos, crustáceos, y otros. Los artrópodos se caracterizan por sus extremidades articuladas y las cutículas, que son principalmente de α -quitina. La cutícula rígida impide el crecimiento, por lo que los artrópodos deben reemplazar periódicamente la muda de esta “piel”. (Domínguez, J., 2004)

2. Lombrices

Las lombrices de tierra son anélidos oligoquetos clitelados macroscópicos que viven en el suelo. Estos invertebrados representan la mayor biomasa animal en la mayoría de ecosistemas templados terrestres, influyen de forma muy significativa en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y juegan un papel crucial en la modificación de la estructura del suelo y en la aceleración de la descomposición de la materia orgánica y del reciclado de nutrientes (Edwards & Bohlen, 1996).

Se han descrito más de 8000 especies de lombrices de tierra, aunque de la gran mayoría sólo se conoce el nombre y su morfología, y se desconoce su biología y ecología. Las distintas especies de lombrices tienen estrategias vitales diferentes, ocupan nichos ecológicos distintos y se han clasificado, sobre la base de su alimentación y de la zona del suelo en la que viven, en tres categorías ecológicas: epigeas, anécicas y endogeas (Bouché, 1977).

Las especies epigeas viven en el horizonte orgánico, en o cerca de la superficie del suelo, alimentándose principalmente de materia orgánica en descomposición (restos vegetales, heces de animales, etc.). Suelen ser especies de pequeño tamaño, pigmentadas y con altas tasas metabólicas y reproductivas que les permiten adaptarse a las condiciones ambientales tan variables de la superficie del suelo. Producen deyecciones holorgánicas y presentan una tasa alta de consumo, digestión y asimilación de la materia orgánica, por lo que juegan un papel clave como transformadoras del mantillo.

Las especies endogeas viven a mayor profundidad en el perfil del suelo, y se alimentan principalmente de suelo y de la materia orgánica asociada. Tienen poca pigmentación, y construyen sistemas de galerías horizontales muy ramificadas, que llenan con sus propias deyecciones mientras se mueven por el horizonte orgánico-mineral del suelo. (Botello, et al., 2007).

A diferencia de las lombrices epigeas, las especies endogeas presentan tasas de reproducción más bajas y ciclos de vida más largos, y son más resistentes a períodos de ausencia de alimento. Las especies anécicas viven de forma más o menos permanente en galerías verticales, que pueden extenderse varios metros hacia el interior del perfil del

suelo. Por las noches emergen a la superficie para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición, que transportan al fondo de sus galerías; depositan sus excrementos en la superficie. Normalmente estas lombrices son grandes y de color pardo oscuro. Sus tasas reproductivas son relativamente bajas (Bouché, 1977).

3. Red trófica del suelo

El suelo sostiene una red trófica muy compleja cuyo funcionamiento resulta en último término en el reciclaje de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. Los consumidores primarios de esta red trófica son los microorganismos (bacterias y hongos) que descomponen y mineralizan sustancias orgánicas complejas (Gallardo, et al., 2009). Los microbios son con muchísima diferencia los miembros más abundantes y diversos de esta red trófica, y así por ejemplo en un gramo de suelo puede haber entre 5000 y 10000 especies de microorganismos (Torsvik & Thingstad, 2002).

Los consumidores secundarios y de niveles superiores son los protozoos y muchos animales de tamaño variado que cohabitan con los microbios, alimentándose de ellos y dispersándolos a través del suelo. La manera más simple de clasificar a los animales del suelo es hacerlo en función del tamaño de su cuerpo. La microfauna incluye a los invertebrados más pequeños (ancho del cuerpo < 0,2 mm), fundamentalmente nematodos y la mayoría de los ácaros, que o bien ingieren microorganismos o metabolitos microbianos o forman parte de redes tróficas de micro depredadores.

La mesofauna (invertebrados de tamaño medio, con una anchura corporal entre 0,2 y 10 mm) es muy diversa taxonómicamente (incluyendo muchos anélidos, insectos, crustáceos, miriápodos, arácnidos y otros artrópodos) que funcionan como transformadores del mantillo vegetal, e ingieren una mezcla de materia orgánica y microorganismos. (Torsvik & Thingstad, 2002).

Además de digerir parte de este material generan importantes cantidades de heces que sufrirán un ataque microbiano posterior debido a las condiciones favorables de humedad y al mezclado intenso que tuvo lugar durante su paso a través del intestino. Posteriormente, otros invertebrados pueden reingerir estas deyecciones (coprofagia) y asimilar una nueva serie de sustratos que han quedado disponibles como consecuencia de la reciente actividad microbiana.

En ocasiones estos depósitos fecales pueden acumularse y llegar a formar el horizonte H de algunos tipos de humus. Por último la macrofauna, formada por los invertebrados más grandes (ancho corporal > 1 cm), incluye fundamentalmente a las lombrices de tierra, junto con algunos moluscos, miriápodos y distintos grupos de insectos.

Todos estos organismos ocupan varios niveles tróficos, de forma que algunos se alimentan fundamentalmente de microbios (microbívoros), otros de materia orgánica en descomposición (detritívoros), otros de una mezcla de materia orgánica y microbios (microbi-detritívoros), mientras que otros son carnívoros o pueden ocupar varios niveles tróficos (Sampedro, et al., 2008).

Algunos autores han propuesto que en las redes tróficas detriticas existe un rango continuo de estrategias de alimentación que va desde la microbivoría pura hasta la detritivoría pura (Sheu, 1987), aunque su estructura trófica y la utilización específica de los recursos en ellas todavía no se conocen bien.

Por ejemplo, todavía no sabemos con certeza dónde obtienen la energía las lombrices (materia orgánica en descomposición, microorganismos, microfauna o una combinación de todos ellos). Las lombrices pueden utilizar diferentes estrategias de alimentación, desde mecanismos no selectivos en los que engullirían todo el suelo hasta estrategias selectivas de apacentamiento (grazing), y parece que tienen la capacidad de obtener energía tanto de fuentes de carbono vivas como muertas (Domínguez, 2004)

Por otra parte, las interacciones bióticas entre los descomponedores y la fauna del suelo incluyen procesos de competencia, depredación, y facilitación (esta última, quizás menos conocida, es una relación entre individuos de especies diferentes dentro de un ecosistema donde alguna de las especies se beneficia de vivir y crecer junto a otra).

B. LAS LOMBRICES DE TIERRA Y LA DESCOMPOSICIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA

La descomposición es un proceso en cascada en el que la materia orgánica muerta experimenta una sucesión de transformaciones físicas y químicas en el suelo que conducen a la mineralización de una parte del recurso y al depósito de compuestos resistentes en forma de humus (Swift, 2001).

Los microorganismos producen las enzimas responsables de la descomposición bioquímica de la materia orgánica, pero donde son abundantes, las lombrices son elementos clave del proceso e influyen en él a través de efectos directos e indirectos. Las lombrices de tierra modifican la biomasa microbiana y su actividad de forma directa a través de la estimulación, digestión y dispersión de los microorganismos e interaccionan con otros componentes biológicos del sistema del suelo, afectando en consecuencia a la estructura de las comunidades de la microflora y de la microfauna (Domínguez, 2004).

Los efectos indirectos derivan de los directos e incluyen procesos de envejecimiento y mezclado de materiales modificados por las lombrices con otros sustratos orgánicos no modificados por ellas. Como consecuencia de toda esta cascada de procesos, la materia orgánica del suelo conforma una matriz espacial y temporalmente heterogénea con características diferentes resultantes de las distintas tasas de degradación que tienen lugar durante la descomposición (Moore, et al., 2006).

La descomposición de la materia orgánica incluye dos fases diferentes en relación a la actividad de las lombrices de tierra, una fase activa o directa, durante la cual las lombrices procesan la materia orgánica, modificando sus propiedades físicas y su composición microbiana (Lores, et al., 2006), y una fase de maduración o indirecta durante la que los microbios asumen el control de la descomposición del material previamente procesado por las lombrices (Domínguez, J., 2004). La duración de la fase activa no es fija, y depende de la especie y de la densidad de lombrices, así como de sus tasas de ingestión y procesado de materia orgánica.

Las lombrices participan en la descomposición de la materia orgánica a través, en primer lugar, de los procesos asociados al paso a través de sus intestinos, que incluyen todas las modificaciones que la materia orgánica en descomposición y los microorganismos sufren durante ese tránsito.

Estas modificaciones incluyen la reducción del tamaño de partícula tras el paso por la molleja, la adición de azúcares y otras sustancias, la modificación de la actividad y de la diversidad microbiana, la modificación de las poblaciones de la microfauna, la homogeneización del sustrato y los procesos intrínsecos de digestión y asimilación; incluyen también la producción de moco y sustancias excretoras como la urea y el amonio, que constituyen una fuente de nutrientes fácilmente asimilables para los microorganismos (Lores, et al., 2006).

La descomposición se ve también favorecida por la acción de microorganismos endosimbiontes que viven en el intestino de las lombrices. Estos microbios producen enzimas extracelulares que degradan celulosa y distintos compuestos fenólicos, aumentando la degradación del material ingerido. Otras modificaciones físicas del sustrato originadas por las actividades excavadoras de las lombrices, como la aireación y la homogeneización del sustrato, también favorecen la actividad microbiana y por consiguiente la descomposición de la materia orgánica (Domínguez, 2004)

La actividad directa de las lombrices aumenta significativamente la mineralización del carbono y nitrógeno en el sustrato, y tales efectos son proporcionales a la densidad de lombrices (Aira, et al., 2002). Otros autores han encontrado respuestas similares en organismos detritívoros involucrados en la descomposición de la materia orgánica (Aira, et al., 2002).

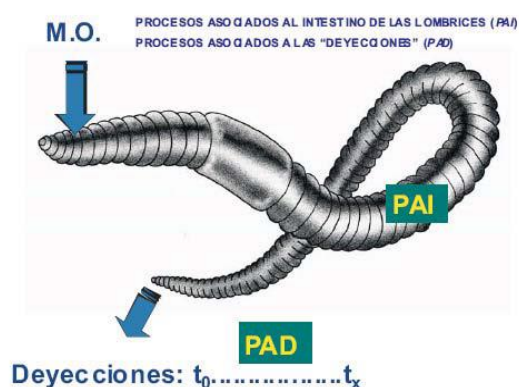


Figura 1. La lombriz

Las lombrices participan en la descomposición de materia orgánica a través de procesos asociados al intestino, que incluyen todas las modificaciones que la materia orgánica en descomposición y los microorganismos sufren durante el tránsito a través del intestino de las mismas, y de procesos asociados a las deyecciones (PADs), más relacionados con procesos de envejecimiento, con la acción de la microflora y la microfauna presente en el sustrato y con la modificación física de los materiales excretados (Aira, et al., 2002).

Una vez finalizados los procesos asociados al intestino (PAIs) las deyecciones de las lombrices, es decir los materiales excretados por las mismas sufrirán los procesos asociados a las deyecciones (PADs), más relacionados con procesos de envejecimiento, con la acción de la microflora y la microfauna presente en el sustrato y con la modificación física de los materiales excretados; estos procesos pueden variar en duración de semanas a meses (Aira, et al., 2002).

1. Estimulación y aceleración de la descomposición por la acción de las lombrices de tierra

La mineralización de nutrientes está gobernada directamente por las actividades de las bacterias y de los hongos. Pero estas actividades están muy influenciadas por la fauna del suelo que vive junto a los microorganismos, y también por distintas interacciones de la red trófica que determinan la transferencia de nutrientes a través del sistema. (Aira, et al., 2002).

En este sentido, las deyecciones de las lombrices de tierra juegan un papel muy importante en la descomposición porque contienen nutrientes y microorganismos que son diferentes a los contenidos en el material orgánico antes de la ingestión (Brown, G. Doube, B. , 2004).

Esto permite una mejor explotación de los recursos remanentes ya sea por la aparición de nuevas especies de microbios en los sustratos frescos a procesar o por la misma presencia de un conjunto de compuestos más fácilmente asimilables en las deyecciones (Domínguez, J., 2004).

C. FUNCIONES DE LOS ORGANISMOS EN EL SUELO

Las funciones que desempeñan los organismos del suelo son tan diversas y variadas como las que realizan los que viven sobre él. En la ausencia de tales comunidades, los ecosistemas se colapsarían.

1. La diversidad de los organismos en el suelo

La biodiversidad del suelo refleja la variedad de organismos vivos, comprendidos los innumerables microorganismos invisibles (por ej. bacterias y hongos), la microfauna (por ej. protozoarios y nemátodos), la mesofauna (por ej. ácaros y tisanuros) y la macrofauna, mejor conocida (por ej. lombrices y termitas). Las raíces de las plantas también pueden considerarse organismos del suelo debido a su relación simbólica e interacción con los demás elementos del suelo. Estos diversos organismos interactúan

entre sí y con las diversas plantas del ecosistema, formando un complejo sistema de actividad biológica. (Swift, 1976).

Los organismos del suelo aportan una serie de servicios fundamentales para la sostenibilidad de todos los ecosistemas. Son el principal agente del ciclo de los nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica del suelo, la retención del carbono y la emisión de gases de efecto invernadero, modifican la estructura material del suelo y los regímenes del agua, mejorando la cantidad y eficacia de la adquisición de nutrientes de la vegetación y la salud de las plantas.

Estos servicios no sólo son decisivos para el funcionamiento de los ecosistemas naturales, sino que constituyen un importante recurso para la gestión sostenible de los sistemas agrícolas (Swift, 1976).

Cuadro 1. Función esencial que desempeñan los diferentes tipos de organismos del suelo (FAO Soil Biodiversity Portal).

Funciones en el suelo	Organismos en el suelo
Mantenimiento de la estructura	Bioturbación por invertebrados y sistemas radiculares de las plantas, micorrizas y algunos tipos de microorganismos
Regulación de la hidrología del suelo	Invertebrados con mayor potencial de bioturbación y sistemas radiculares
Intercambio de gases con la atmósfera y secuestro de carbono	La mayor parte de los microorganismos y sistemas radiculares y carbono retenido en agregados compactos de origen biogénico (como las pelotas fecales de lumbrídeos).
Eliminación de compuestos tóxicos	La mayor parte de los microorganismos del suelo.
Ciclo de Nutrientes	La mayoría de microorganismos y raíces, así como algunos invertebrados que se alimentan del mantillo (horizontes orgánicos)
Descomposición de la materia orgánica	Varios invertebrados soprofíticos y/o que se alimentan del mantillo (detrítívoros), hongos, bacterias, actinomicetos y otros microorganismos
Supresión de pestes, enfermedades y nematodos, otros	Plantas, micorrizas y otros hongos, nematodos, invertebrados y bacterias que parasitan o causan enfermedades a patógenos, colémbolos, invertebrados, protozoos y hongos depredadores
Fuente de alimentos y medicinas	Raíces de algunas plantas, algunos insectos

	(grillos, larvas de escarabajos, hormigas, termites), lumbrícidos, vertebrados que habitan en el suelo, microorganismos y sus productos (p. ej. la penicilina)
Relaciones simbióticas y asimbióticas con las raíces de las plantas	Rizobios, micorrizas, actinomicetos, bacterias diazotrópicas, varias especies de microorganismos rizosféricos y hormigas.
Control del crecimiento de las plantas (que pueden tener positivos o negativos)	Efectos Directos: Sistemas radiculares, rizobios, micorrizas, actinomicetos, patógenos, nematodos fitoparásitos, insectos rizofagos, microorganismos de la rizosfera, agentes que ejercen biocontrol; Efectos Indirectos: la mayor parte de la biota.

2. Distribución de los microorganismos

Los microorganismos no están distribuidos regularmente en el suelo pues hay un mosaico discontinuo de microambientes, aquéllos favorables para el desarrollo microbiano se caracterizan por su limitada extensión en el tiempo y en el espacio. La dispersión de los microorganismos, con excepción de los fotosintetizantes, sigue la distribución vertical de los nutrientes pero es alterada por varios factores: la composición de la atmósfera del suelo, el pH, la humedad, la cantidad de minerales asimilables, la presencia de sustancias antimicrobianas (FAO Soil Biodiversity Portal).

D. INVENTARIO DE MESOFAUNA UTILIZANDO MONOLITOS DE SUELO

Macro artrópodos de hojarasca y de suelo. Monolito TSBF Los procedimientos generales, (Anderson & Ingram, 1989). Con la adición de trampas pitfall (Swift, M., Bignell, D. , 2001) y las extracciones con trampas Winkler, junto con monolitos extraídos del suelo, con dimensiones de 50 x 50 x 20 cm de profundidad para lombrices de tierra. Para la discusión del número y posicionamiento de monolitos (Bestelmeyer, et al., 2000).

Se utiliza un transecto adicional de 20 x 2 m para muestrear las termitas. Este transecto también puede ser utilizado para hormigas y escarabajos, aunque es mejor si se muestrea la hojarasca delimitada por marcos dispuestos en una línea paralela. Primero

se coloca un marco de 25 x 25 cm para marcar la posición del monolito y cualquier hojarasca o madera dentro de él es removida e introducida en una charola. Se aísla el monolito utilizando una pala a unos pocos centímetros fuera del marco y luego se cava una zanja a su alrededor de 25 cm de ancho y 30 cm de profundidad, aislando el monolito como un pilar no perturbado (Bestelmeyer, et al., 2000).

En una variante del método, todos los invertebrados mayores de 10cm de largo, excavados de la zanja y la hojarasca pueden ser colectados; éstos, en su mayor parte, serán milpiés y lombrices de tierra con bajas densidades de población, pero que representan una biomasa importante. Su abundancia y biomasa podrán ser calculadas con base en las muestras de 0,50 m², es decir, la anchura aproximada del monolito más dos anchuras de zanja (Anderson & Ingram, 1989).

Se divide el bloque del monolito en tres capas, de 0-10 cm, 10-20 cm y 20-30 cm; esto se puede hacer de manera sencilla, utilizando un machete tomado de forma horizontal y agarrado por ambos lados. Se revisa manualmente la hojarasca y cada capa de monolito por separado, preferentemente en el lugar y bajo sombra. Si no hay mucho tiempo o si la luz es insuficiente (colectar en selva cerrada es difícil porque la luz disminuye muy temprano), hay que meter la muestra en un bote de 19 L y llevarla al laboratorio (Bestelmeyer, et al., 2000).

La muestra de suelo en botes se debe guardar alejada del sol directo y deberá ser revisada antes de 24 horas. Para revisar el suelo es conveniente utilizar la superficie de una mesa grande de campo para llevar a cabo la extracción, de manera que puedan trabajar varios asistentes en la misma muestra de suelo o en muestras diferentes. En el caso de la hojarasca, una charola de plástico grande de cocina, con un reborde, sirve como un buen recipiente para la revisión. Las hormigas pueden ser 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 diseccionarán los pedacitos de madera en diferentes piezas para ver si hay termitas, hormigas o escarabajos; las pequeñas ramas deberán romperse y ser golpeadas en la charola para que se desprenda cualquier insecto que contengan. Las hormigas, termitas y escarabajos colectados, deberán preservarse en alcohol al 80%; en el caso de las termitas, se incluirán soldados, al igual que obreras. Las lombrices de tierra y moluscos, generalmente, se conservan en

formol (formaldeído) al 4% para evitar la supuración de la mucosa. Se deberá utilizar un tubo o frasco por cada espécimen o población encontrada (o colonia aparente).

La información es importante para establecer la naturaleza de los organismos encontrados (especialmente la diversidad de grupos funcionales) y para construir una curva de acumulación de especies. Para evitar confusión en lugares ricos, las etiquetas deberán escribirse en el momento en que los especímenes sean introducidos en los tubos o frascos. En otros casos, las etiquetas se pueden hacer cuando se ha completado la extracción en cada sección del transecto; sin embargo, cuando se hace la extracción durante un tiempo determinado, como en el caso de un transecto, el periodo destinado deberá incluir el tiempo para el llenado de la etiqueta.

1. Métodos de transecto para lombrices de tierra

Se traza una línea de transecto de 20, 50 o 100 m junto al monolito, a una distancia suficiente para evitar cualquier perturbación durante el muestreo. Se coloca el transecto de manera que visualmente atraviere los alrededores de manera homogénea, evitando grandes arroyos, acantilados o caminos en uso que no sean hábitats adecuados para termitas; sin embargo, el transecto puede incorporar otros fenómenos naturales del ambiente biótico que contribuyen a su heterogeneidad física, tales como pendientes, estrechas zanjias con arroyos o cortes en el dosel (Anderson & Ingram, 1989).

Frecuentemente se necesita evaluar, de modo subjetivo, cuando se trata de decidir sobre la línea ideal, especialmente en los casos de pequeñas parcelas. Las líneas de transecto no necesariamente tienen que ser rectas; pueden inclinarse para alcanzar ángulos de hasta 90°, para evitar obstáculos naturales, siempre que no se crucen con ellas mismas. En una parcela pequeña, un transecto puede curvarse sucesivamente por dos ángulos de 90° para que corra hacia atrás hasta su punto de partida, pero los dos “brazos” principales de la línea del transecto deberán encontrarse, por lo menos, a 15m de distancia (Agosti, et al., 2000).

Alternativamente, se pueden colocar dos transectos de 50m (o de 10 m) para que queden en paralelo. Si la línea atraviesa un árbol, de área basal muy grande, el transecto se puede desviar hacia un lado, siempre que por lo menos una parte del sistema de

raíces quede dentro de la cinta de muestra de dos metros de ancho. Es necesario anotar el punto de partida, dirección del transecto con la brújula y cualquier cambio de dirección. Si se emplean otros transectos en la misma parcela (por ejemplo, para poder replicar un monolito) los transectos deberán posicionarse para evitar interferencia mutua y separarse, para evitar pisadas excesivas en un solo lugar. Se debe asegurar que las líneas de pitfall se mantengan sin perturbación en todo momento.

F. DIVERSIDAD DE LOS ORGANISMOS DEL SUELO

El suelo es un subsistema con entidad propia dentro de los ecosistemas terrestres, que deriva del hecho de ser receptor de un flujo neto de energía contenido en la necro masa (materia orgánica) que se incorpora (García, 1989). Esta circunstancia tiene un carácter universal, al margen de la heterogeneidad de los tipos de suelo en el espacio y el tiempo, y da lugar a una gran diversidad estructural de la biocenosis heterótrofa que es capaz de utilizar dicha energía, aunque también pueden reconocerse una considerable cantidad de mecanismos funcionales que dotan al suelo de una enorme diversidad funcional.

La biocenosis edáfica está constituida mayoritariamente por la microflora (bacterias, algas y hongos), por micro y mesofauna, y por algún grupo conspicuo de macrofauna, como es el caso de los lumbrícidos. Según estimaciones actuales el número de especies de bacterias superaría la cifra de 30.000, los hongos incluyen más de 1.500.000 especies, las algas 6.000, los protozoos 10.000 y los nematodos 500.000 (Hawksworth, 1991).

Otros grupos de la fauna del suelo como colémbolos, ácaros u oligoquetos, también incluyen miles de especies y cada día se describen otras nuevas para la ciencia de todos los grupos mencionados. La descomposición de la materia orgánica es un proceso sinérgico entre la microflora y la fauna del suelo, particularmente la micro-y mesofauna. Es necesario precisar, sin embargo, que no todos los grupos tienen la misma función en los procesos de degradación de la materia orgánica. (Luxton, 1982).

En términos generales puede decirse que la fauna del suelo realiza una labor previa de fragmentación mecánica, aumentando con ello la superficie de los restos orgánicos y favoreciendo de esta manera el ataque microbiano. La microflora del suelo es, en última

instancia, responsable de la mayoría de los procesos de oxidación de la materia orgánica que se incorpora al suelo y, en consecuencia, de su mineralización (Petersen & Luxton, 1982).

La oxidación de la materia orgánica por la microflora del suelo se realiza a partir de procesos catalizados por enzimas extracelulares producidas por bacterias, hongos y otros microorganismos del suelo, así como en el sistema radicular de vegetales superiores. Es importante tener en cuenta el carácter extracelular de las enzimas (y por tanto de su actividad), ya que gran parte de los constituyentes de la materia orgánica son parcial o totalmente insolubles y, por ello, escasamente susceptibles a un ataque enzimático intracelular (Hawksworth, 1991).

La actividad enzimática de los suelos ha estado sujeta a distintas interpretaciones. Para muchos autores constituye un índice de la actividad biológica de los suelos y su fertilidad, aunque esta interpretación puede estar sesgada cuando se consideran determinadas actividades de forma aislada. No obstante, cuando se dispone de información de varias actividades enzimáticas conjuntamente, así como de otras variables edáficas, éstas pueden ser un buen reflejo de la capacidad potencial del suelo para degradar la materia orgánica.

La acción antrópica en los agrosistemas ha modificado las condiciones del suelo, disminuyendo considerablemente el nivel de materia orgánica y, en consecuencia, el contenido de energía libre que sustenta la biocenosis edáfica. Esto ha provocado una reducción de la biodiversidad estructural y funcional, desapareciendo con ello gran parte de los vínculos y mecanismos funcionales que permiten auto organización en el medio edáfico. En esta situación las condiciones son más favorables para una proliferación de organismos oportunistas, entre los que cabe destacar los patógenos de plantas (Petersen & Luxton, 1982).

G. CALIDAD DEL SUELO

La mayoría de los agricultores conocen la diferencia entre un suelo muy bueno y otro de propiedades más pobres. Aquellos suelos que poseen mejor calidad natural, tales como los suelos aluviales profundos, ubicados en los valles de un río, tienden a tener mejor

capacidad de retención de agua y fertilidad que los suelos que lo rodean; por lo general estos suelos son más valorados y por eso mismo tienen mayor valor comercial. De tal manera que la salud, o calidad de un suelo, se refiere a las condiciones de una amplia gama de propiedades de éste. El concepto es bastante extenso y abarca más que la escueta definición de la fertilidad del suelo, que se usa con frecuencia.

Por ejemplo, tradicionalmente el principal interés de aquellos que trabajan en la fertilidad del suelo ha sido si existe una cantidad suficiente de nutrientes para las plantas (tales como nitrógeno, fósforo y potasio). Las investigaciones sobre la fertilidad del suelo se han basado en la influencia de otras propiedades, como un pH bajo y la disponibilidad de nutrientes, pero no han cubierto la envergadura total de las propiedades que influyen en el crecimiento de la planta (Sumner, 2000).

¿Qué es exactamente un suelo sano o de buena calidad? Es un suelo del que se pueden obtener cultivos, sanos y de alto rendimiento, con un mínimo de impactos negativos sobre el medio ambiente. Es un suelo que también brinda propiedades estables al crecimiento y salud de los cultivos haciendo frente a condiciones variables de origen humano y natural (principalmente las relacionadas con el clima). Por ejemplo, si las precipitaciones son menores o superiores a la cantidad óptima, el rendimiento no influiría tan negativamente como en un suelo de menor calidad. Un suelo de calidad superior debe ser flexible y resistir el deterioro (Bachelier, 1978).

Los diversos factores que determinan la calidad del suelo son esencialmente aquellas propiedades que ejercen mayor influencia en el crecimiento del cultivo. Muchas de estas propiedades, no son fundamentalmente aspectos de la «fertilidad» del suelo (definido en el sentido más estricto). La formación de una costra superficial es un problema significativo para muchos suelos en las zonas tropicales y templadas (Sumner, 2000).

2. Indicadores de la calidad del suelo

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo (Arshad & Coen, 1992). Para hacer operativo este concepto, es preciso contar con

variables que puedan servir para evaluar la condición del suelo. Estas variables se conocen como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición (Dumanski, et al., 1998).

Según (Adriaanse, 1993) los indicadores son instrumentos de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (SQI, 1996).

(Hünemeyer, et al., 1997), establecieron que los indicadores deberían permitir: (a) analizar la situación actual e identificar los puntos críticos con respecto al desarrollo sostenible; (b) analizar los posibles impactos antes de una intervención; (c) monitorear el impacto de las intervenciones antrópicas; y (d) ayudar a determinar si el uso del recurso es sostenible.

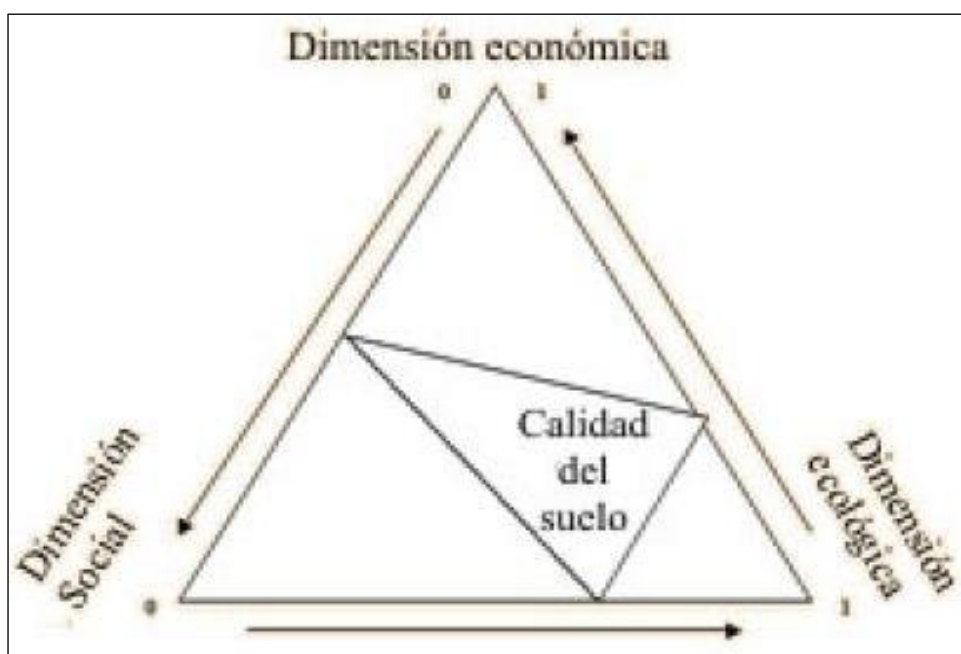


Figura 2. Triángulo Moebius para las tres dimensiones implícitas en el concepto sostenibilidad (Hünemeyer, et al., 1997).

Hay tres elementos implícitos en el concepto sostenibilidad: la dimensión económica, la social y la ecológica (Goodland & Daly, 1996); (Hünemeyer, et al., 1997) (Fig. 2). La sostenibilidad ecológica se refiere a las características fundamentales para la supervivencia que deben mantener los ecosistemas a través del tiempo en cuanto a componentes e interacciones.

La sostenibilidad económica implica la producción a una rentabilidad razonable y estable a través del tiempo, lo cual haga atractivo continuar con dicho manejo. Y, la sostenibilidad social aspira a que la forma de manejo permita a la organización social un grado aceptable de satisfacción de sus necesidades. El manejo sostenible puede, por lo tanto, significar distintas cosas según la función principal del recurso o del momento histórico en que se hace una evaluación.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se realizó en el estrato de bosque siempreverde montano alto, distribuido a lo largo del sector norte y centro de la cordillera oriental (Sierra, 1999).

a. Superficie

El bosque siempreverde montano alto tiene una superficie de 213,15 ha que constituye parte de la zona de amortiguamiento suroccidental del Parque Nacional Sangay.

2. Ubicación geográfica

Coordenadas Proyectadas UTM Zona 17S, DATUM WGS 84

Altitud: 2800 – 4000 msnm

Longitud: 9728815,6 m

Latitud: 759707,4 m

Situado en el origen del centroide.

3. Características climáticas¹

Temperatura promedio anual: 6 - 8 °C

Humedad relativa: 60 - 80 %

Precipitación promedio anual: 750 - 1000 mm

4. Ubicación ecológica

Bosque siempreverde montano alto, sector norte y centro de la cordillera oriental situado entre los 3000 - 3700 msnm (Sierra, 1999).

¹ Estación Meteorológica JUBAL EMJ

B. MATERIALES

1. Materiales para campo

- Libreta y Manual para campo
- Cinta vinílica fluorescente

Equipos

- GPS
- Cinta métrica (50 y 15 m)
- Cámara fotográfica digital
- Machete
- Azadón
- Bolsas plásticas herméticas
- Lápices y lapiceros
- Computadora
- Estereoscopio
- Vehículo 4X4
- Pinzas
- Agujas de disección
- Marco metálico
- Pala
- Frascos de vidrios y plásticos
- Bandejas plásticas

Reactivos

- Formaldehído
- Alcohol

C. METODOLOGÍA

1. Ubicación de estratos

El muestreo se realizó en el estrato de bosque de ceja andina considerando el rango altitudinal (Sierra, 1999), que para el presente estudio corresponde el bosque siempreverde montano alto, sector norte y centro de la cordillera oriental situado entre los 3000 - 3700 msnm.

2. Bloques de suelo (Monolitos)

Para el análisis de la mesofauna, se utilizó la metodología recomendada por el Programa de Biología Fertilidad de los Suelos Tropicales, TSBF (Anderson & Ingram, 1989). Se recolecto en el campo, durante la estación lluviosa y en horario de la mañana, donde esta fauna tiene una mayor actividad en el suelo:

- Se estableció cinco cuadrantes de suelo de 25 x 25 cm hasta la profundidad de 10 cm por el método TSBF (Moreira, et al., 2012) con la ayuda de un marco metálico para aislar el monolito del suelo, con el empleo de una pala y con el mismo distanciamiento entre cuadrantes, de más de 5 m pero no más de 20 m.

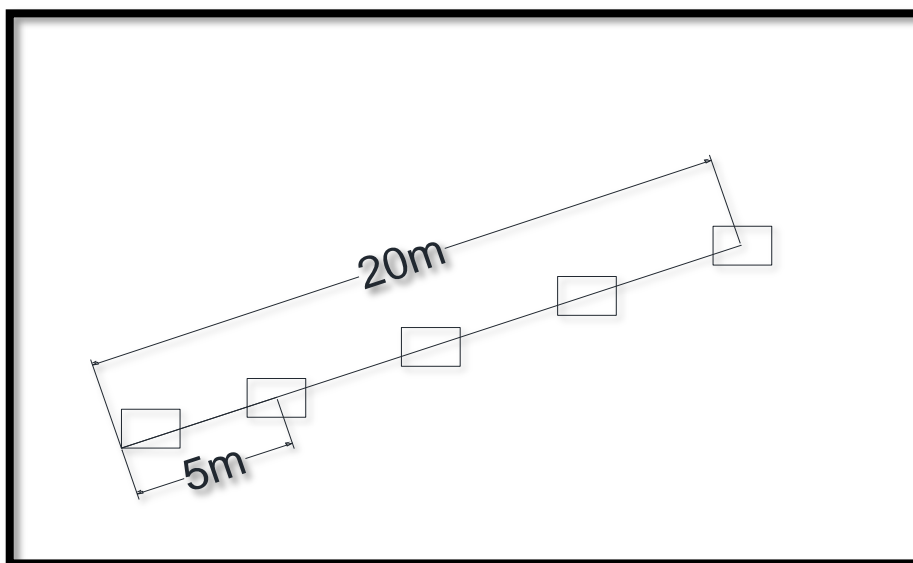


Figura 3. Distribución de monolitos en transecto

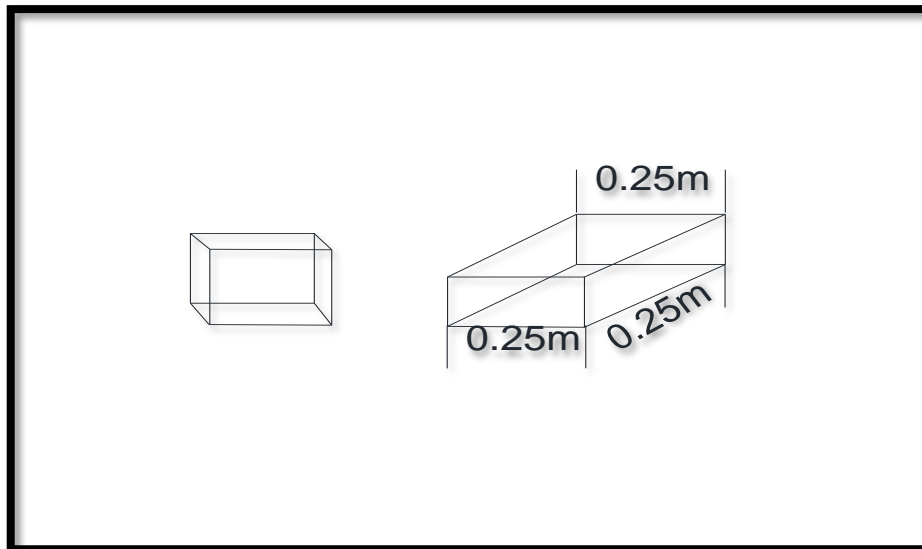


Figura 4. Diseño del monolito

Se extrajo por cuadrante el contenido de suelo y se depositó en bandejas plásticas o una manta de polietileno, para revisar en el campo y recolectar todos los organismos visibles con el uso de agujas de disección y pinzas pequeñas. Incluir en la revisión, la hojarasca superficial dentro del cuadrante.

3. Inventario mesofauna

Se colocaron los especímenes extraída en frascos de plástico con tapas, que contengan formaldehído al 60% para conservar las lombrices de tierra y alcohol etílico al 70% para preservar el resto de los organismos; cada frasco con una cantidad suficiente que cubra los organismos recolectados, para la identificación de los especímenes se utilizaron manuales de identificación y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos, con el fin de lograr identificarlos hasta su clasificación más detallada (familia); la identificación de estructuras y morfotipos fueron importantes al momento de la identificación de la mesofauna, para esto utilizamos el microscopio estereoscópico LBM LUXEO 4Z Zoom 4144000, Zoom 0,8 a 3,5x/8x a 35x, además se utilizó el software Pixel Pro, compatible con el estereoscopio.

Se realizó un registro fotográfico y se verificó con las bases de datos en internet, de esta manera se logró obtener un inventario de todas las especies identificadas, las cuales se determinaron los índices de biodiversidad ecológica.

4. Evaluación biológica de la calidad del suelo

Para determinar de manera simple y con el objetivo de facilitar la evaluación del impacto en diferentes sistemas de manejo o cultivo sobre la calidad del suelo, se definieron dos categorías.

Alta calidad del suelo: Suelos con mayor cantidad de tipos de organismos (mayor diversidad) y de individuos por tipo, especialmente de organismos detritívoros y de lombrices (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores > 1).

Baja calidad del suelo: Suelos con menor número de tipos de organismos (menor diversidad) y de individuos por tipo, pero donde prevalecen los organismos no detritívoros y las hormigas (Aplicación de los indicadores de Detritívoros/No Detritívoros y Lombrices de tierra/Hormigas, obteniendo como resultado valores < 1).

a. Medidas de dominancia

$$\text{Abundancia} = \frac{\text{Total de individuos especie A}}{\text{Total de individuos de todas las sp.}}$$

$$\text{Frecuencia relativa} = \frac{\text{Valor de frecuencia de la especie A}}{\text{Valor total de frecuencia todas las sp.}}$$

$$\text{Dominancia relativa} = \frac{\text{Área basal o cobertura aérea sp. A}}{\text{Área basal o cobertura aérea todas las sp.}}$$

b. Valor de importancia de especies

$$\text{V.I. sp.} = \text{frecuencia relativa} + \text{densidad relativa} + \text{dominancia relativa}$$

c. Valor de importancia de familia

$$\text{D. R.} = \frac{\text{Núm. de individuos de una sp}}{\text{Núm. total de individuos}} \times 100$$

$$\text{Div. R.} = \frac{\text{Núm. de sp. por familia}}{\text{Núm. total de especies}} \times 100$$

$$\text{Dm R.} = \frac{\text{Cobertura de sp. por familia}}{\text{Cobertura total de especies total}} \times 100$$

d. Índices de diversidad y de similitud

$$\text{Índice de Sorensen (ISS)} = \frac{2C}{A + B}$$

El índice de diversidad de Sorensen expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, de acuerdo a esto al realizar el análisis del índice de similitud de Sorensen.

$$\text{Índice de Similitud de Jaccard (ISj)} = (c/a + b - c) * 100$$

Según (Cargua, et al., 2014), mencionan en su investigación realizada que obtienen un Índice de Similitud media de 0,62 en este tipo de bosque.

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Dónde:

D = Índice de Simpson

S = Número de especies

n_i = Número total de individuos presentes, i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

N = Número de individuos por especie

Los resultados de diversidad según (Swift, 1976). Presentan baja dominancia y alta diversidad con alta riqueza y equitatividad ya que los valores se acercan a 1.

Índice de Diversidad de Shannon

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

H' = Índice de Shannon

S = Número de especies

p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i)

La diversidad según Ordoñez L. es alta al encontrarse entre los valores de 0,76-1,00. Según los resultados obtenidos Smith R. ratifica que la dominancia es inversa a la diversidad.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. ZONIFICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

1. Ubicación geográfica del área de estudio

Para la delimitación del área de estudios se utilizó herramientas SIG, debido a que estas cuentan con una amplia gama de aplicaciones y procesos que nos permitió obtener de una forma más rápida y sencilla el análisis y delimitación del sector. Como resultado se obtuvo el plano de información correspondiente a la microcuenca del río Jubalyacu, que está dentro de la parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.

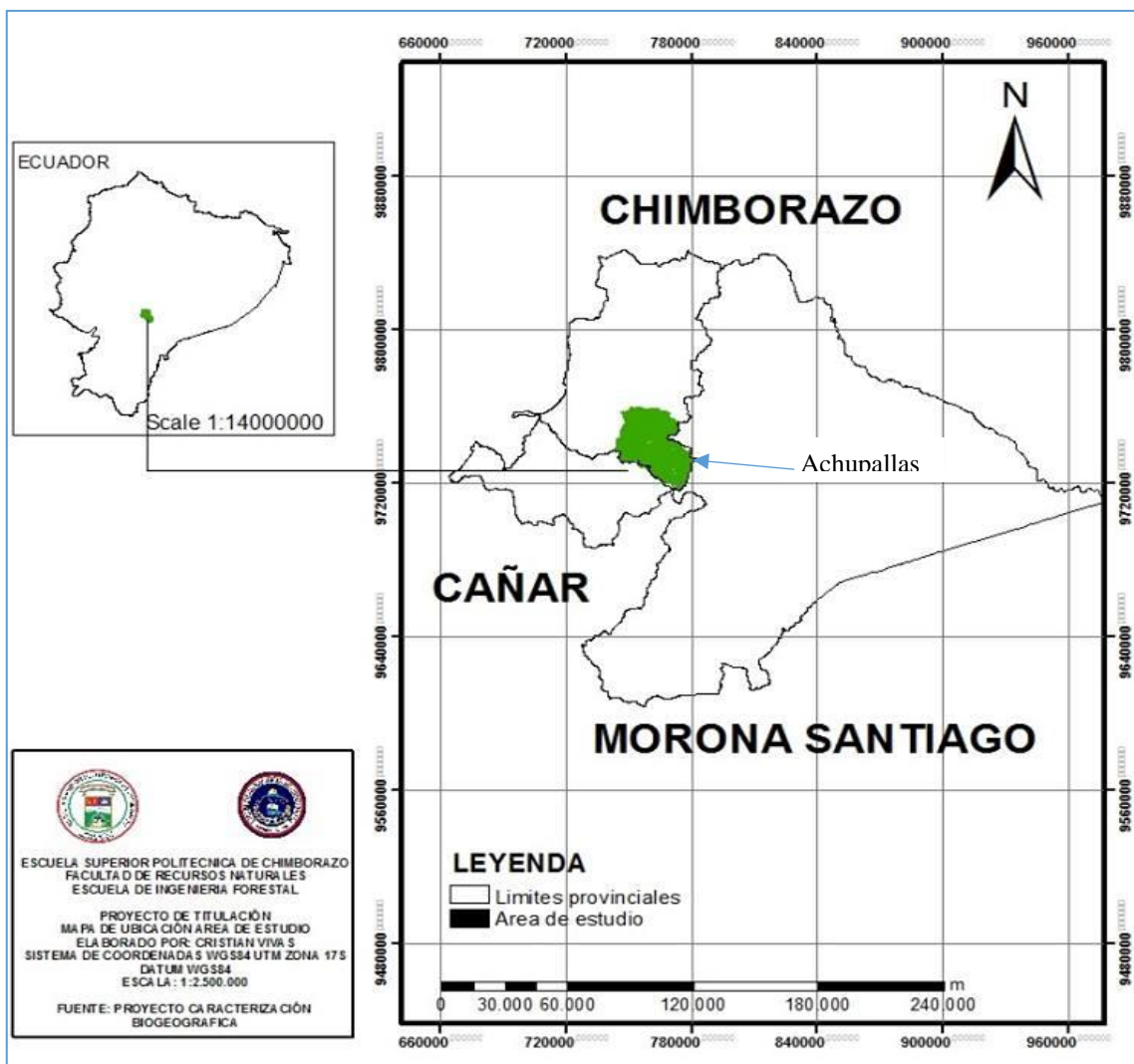


Figura 5. Área de estudio

2. Puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo son sitios que nos permitieron estudiar la dinámica y comportamiento de los ecosistemas naturales con el propósito de obtener información esencial para ser utilizada en el momento de tomar decisiones. Aplicando el procedimiento descrito en la metodología, de manual de biología de suelos tropicales (Ettema, C. y Wardle, D., 2002) mencionan que la biomasa y los colémbolos son especialmente dependientes en intervalos de más de 200 m. En el presente estudio se implementó cinco puntos de muestreo distribuidos de forma sistemática en toda el área de estudio en donde se realizó la toma de muestras para identificación de la mesofauna.

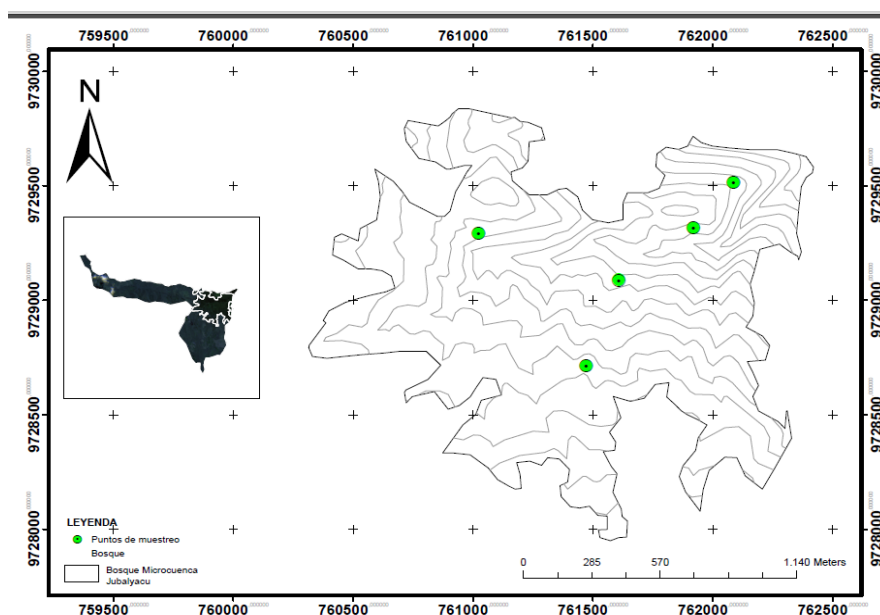


Figura 6. Distribución de los puntos de muestreo

El cuadro 02 muestra el número de transectos distribuidos en la microcuenca del río Jubalyacu, los mismos que están debidamente georreferenciadas y ubicados en sitios donde es posible realizar el levantamiento de información (monitoreo).

Cuadro 02. Ubicación de los puntos de monitoreo

ID	Sector	Este	Norte	Altitud (msnm)
Transecto_1	JUBALYACU	761470,9	9728713,9	3302,9
Transecto_2		762085,6	9729513,6	2984,7
Transecto_3		761021,7	9729290,9	3209,1
Transecto_4		761607,4	9729087,5	3095,2
Transecto_5		761918,5	9729315,5	3021,7

B. INVENTARIO DE LA MESOFAUNA EDÁFICA

1. Distribución de la población por transecto (monolitos)

Para determinar la población por transecto se analizaron los bloques de suelo (monolitos) para poder cuantificar un valor promedio de las especies por unidad de superficie, los cuales varían de acuerdo a los puntos de monitoreo y zonas de estudio.

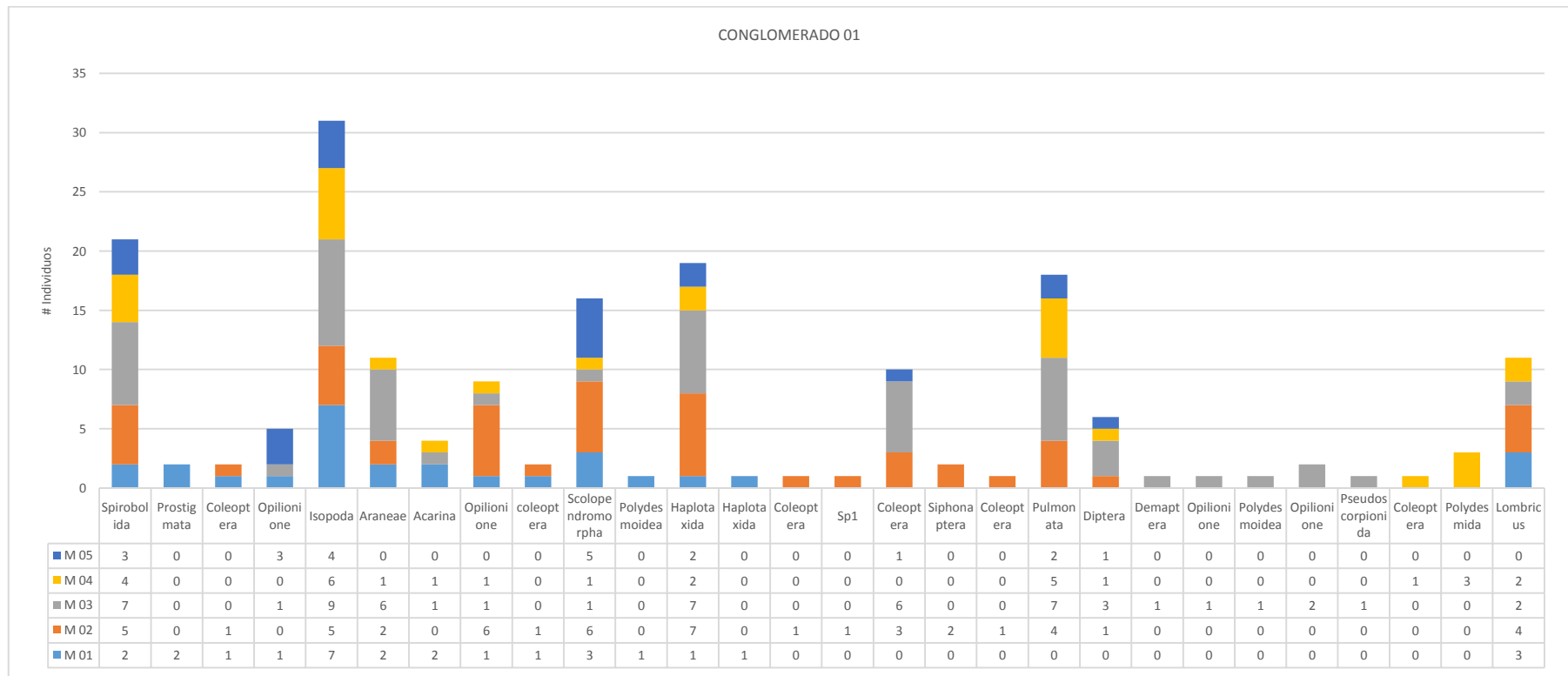


Gráfico 01. Variación de la Mesofauna en el transecto 01

En el gráfico 01, se indica la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), en los cuales se observan una distribución diferente entre los transectos, la mayor concentración de individuos lo encontramos en el **transecto 01** pertenecen al orden Isopoda con 31 individuos, Spirobolida con 21 individuos y Haplotaxida con 19 individuos, en el bloque de suelo, al estar ubicado en la zona baja y la misma que posee una gran abundancia de especies florísticas, en la cual los microorganismos pueden adaptarse a las condiciones típicas de este tipo de bosque, la intervención antrópica y deforestación, suelen afectar la población de la comunidad de microorganismos del suelo. El valor total del transecto es de 184 individuos por monolito analizado, cabe indicar de que existen muchos más individuos en menor proporción pero de igual valor de importancia para el ecosistema.

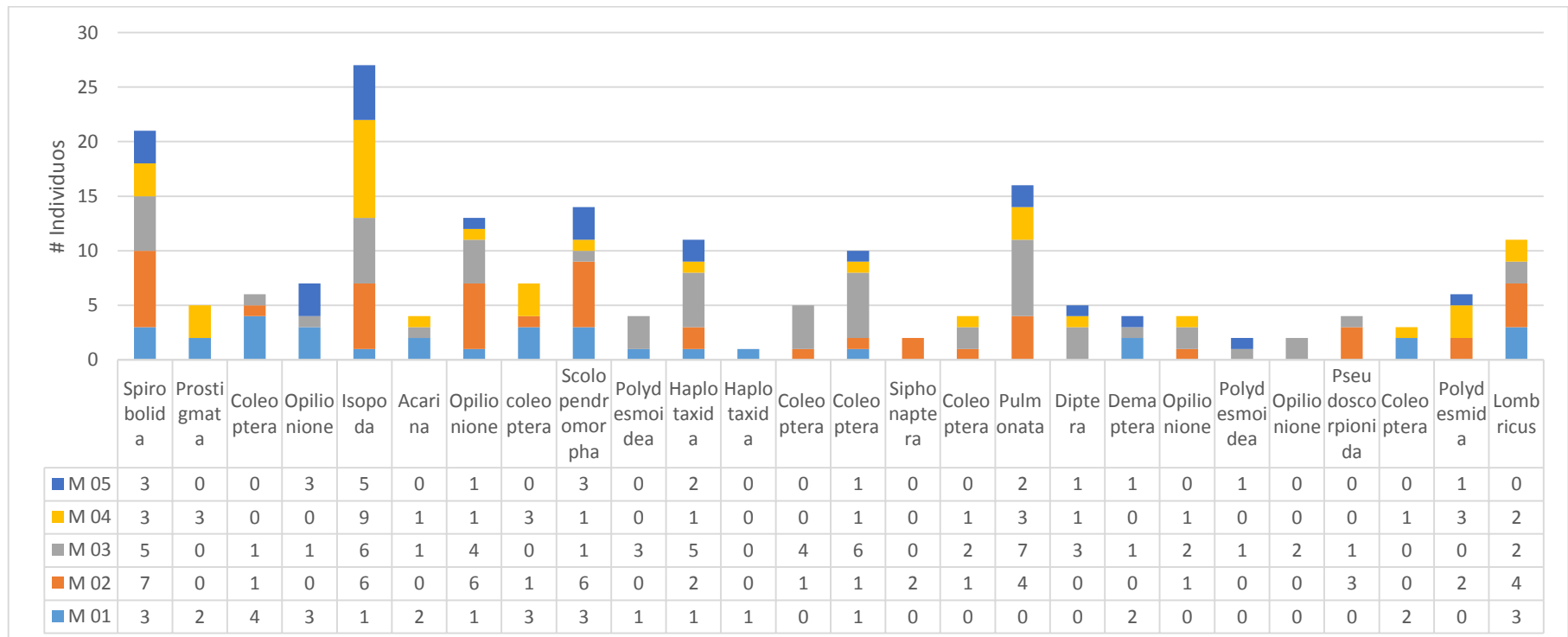


Gráfico 02. Variación de la mesofauna en el transecto 02

En el gráfico 02, se indica la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), los cuales se observan una distribución diferente entre los transectos, la mayor concentración de individuos en el transecto 02, pertenecen al orden Isopoda con 27 individuos, Spirobolida con 21 individuos y Pulmonata con 16 individuos en el bloque de suelo, la variación altitudinal y la intervención antrópica tienen un papel fundamental para el desarrollo de los microorganismos, los cuales pueden adaptarse a las condiciones de este tipo de bosque.

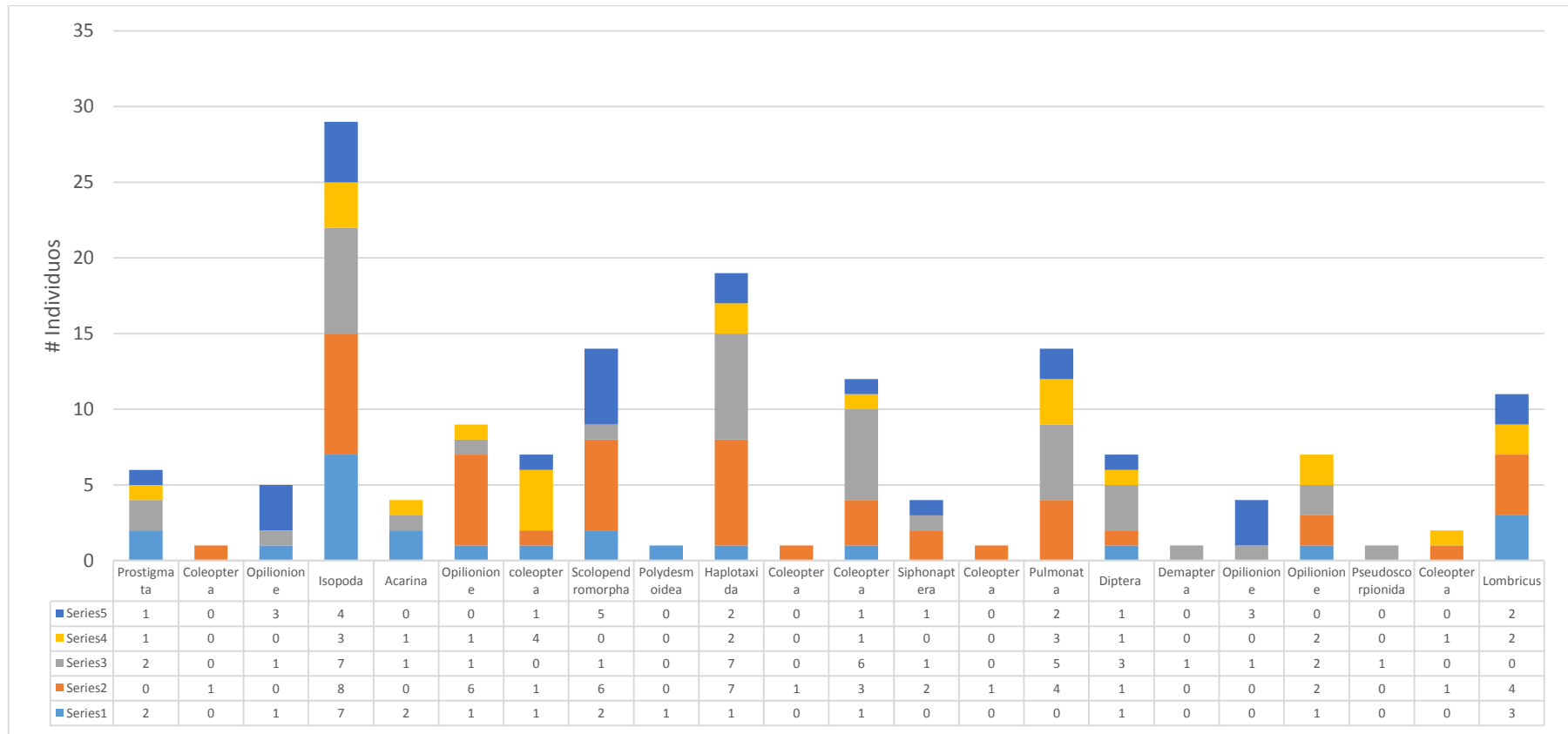


Gráfico 03. Variación de la mesofauna en el transecto 03

En el gráfico 03, se indica la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), los cuales se observan una distribución diferente entre los transectos, la mayor concentración de individuos en el transecto 03, pertenecen al orden Isopoda con 29 individuos, Haplotaxida con 19 individuos y Pulmonata con 14 individuos en el bloque de suelo, a medida que se producen los claros de bosque el desarrollo de los microorganismos varía según las condiciones del lugar.

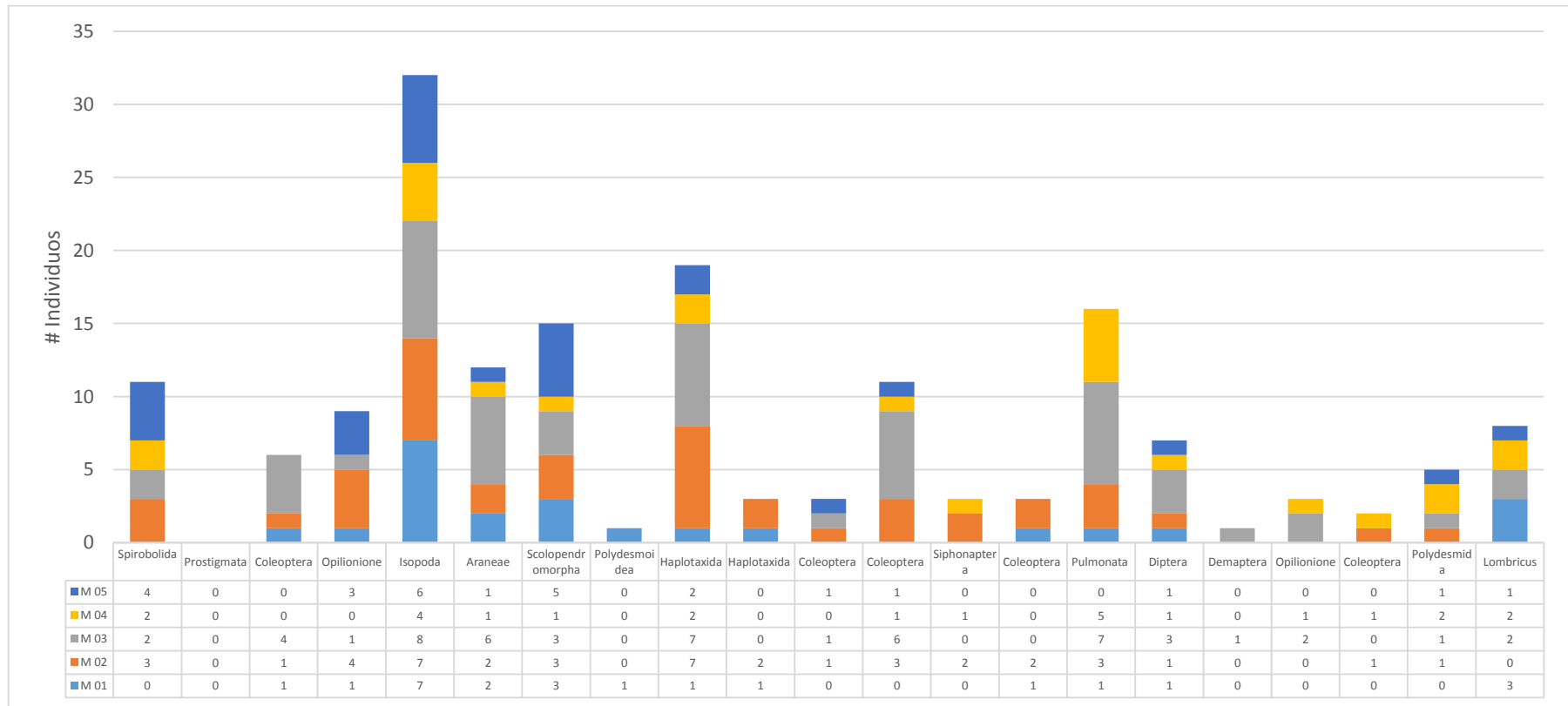


Gráfico 04. Variación de la mesofauna en el transecto 04

En el gráfico 04, se indica la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), los cuales se observan una distribución diferente entre los transectos, la mayor concentración de individuos en el transecto 04, pertenecen al orden Isopoda con 32 individuos, Haplotaxida con 19 individuos y Pulmonata con 16 individuos en el bloque de suelo, la adaptación de microorganismos o la diversificación de una especie debido al cambio en su morfología, permite que se desarrollen mecanismos especiales para que estas especies tengan un amplio rango de distribución, e inclusive al cambio de la cobertura vegetal.

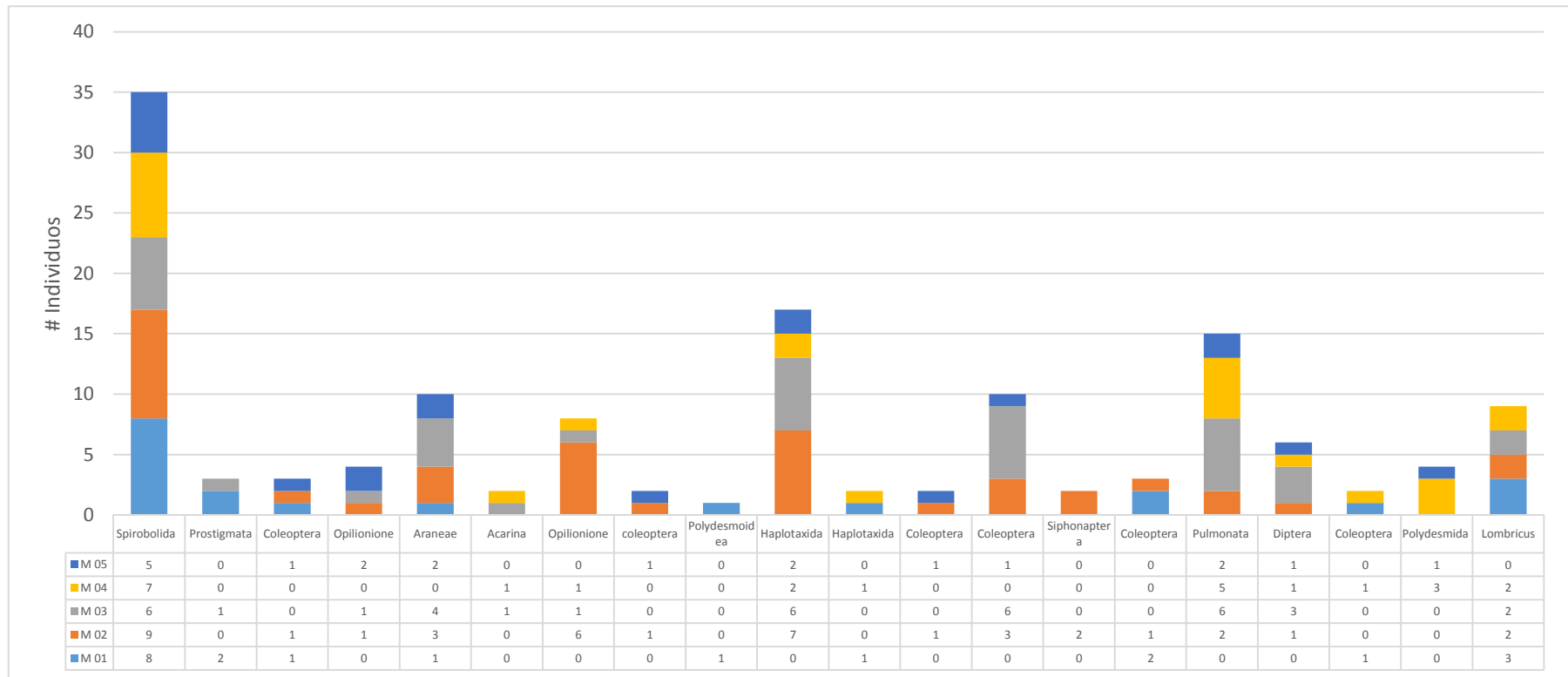


Gráfico 05. Variación de la mesofauna transecto 05

En el gráfico 05, se indica la variación de los individuos en los diferentes bloques de suelo (monolitos), los cuales se observan una distribución diferente entre los transectos, la mayor concentración de individuos en el transecto 05, pertenecen al orden Spirobolida con 35 individuos en el bloque de suelo, Haplotaxida con 17 individuos y Pulmonata con 15 individuos en el transecto , en latitudes altas las condiciones de humedad, temperatura y estado de transformación de la materia orgánica, presionan a todos los organismos vivos a desarrollar técnicas de adaptación ante las condiciones imperantes en la zona, además la intervención que estos ecosistemas de transición.

2. Distribución de la mesofauna edáfica en los transectos

Los ecosistemas de bosque de ceja andina y zonas de transición están bajo amenaza ante la intervención humana, por tal motivo es necesario conocer el impacto que genera en un ecosistema la pérdida de biodiversidad como es el caso de la mesofauna edáfica y sus consecuencias ante la invasión de plagas y enfermedades en los cultivos.

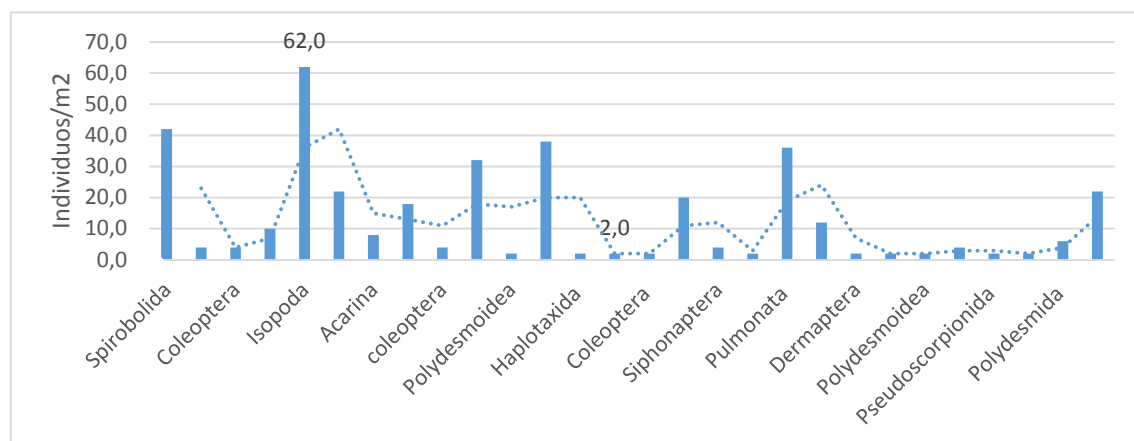


Gráfico 06. Densidad de especies en el transecto 01

El gráfico 06 muestra la distribución de la mesofauna en los cinco monolitos analizados del transecto 01, la misma que posee un valor medio de 368 individuos por metro cuadrado, el valor más alto corresponde al orden Isopoda con 62 individuos que está distribuido en la parte baja de la microcuenca del río Jubalyacu, el restante de individuos pertenecientes a los órdenes: Polydesmoidea, Haplotaxida,, Haplotaxida,, Coleoptera, Coleoptera, Siphonaptera, Coleoptera sp1 Pulmonata, Diptera, Dermaptera, Opilioniene, Polydesmoidea, Opilioniene y Pseudoscorpionida, se encuentran en menor proporción pero de igual importancia para mantener el equilibrio dentro del ecosistema.

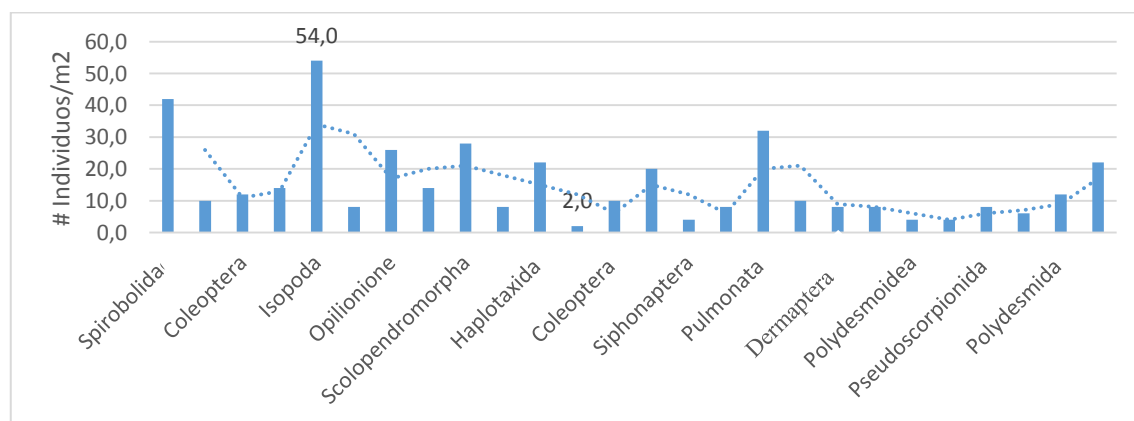


Gráfico 07. Densidad de especies en el transecto 02

El gráfico 07 muestra la distribución de los individuos en los cinco monolitos del transecto 02, con un valor medio de 396 individuos por metro cuadrado, el valor más alto en el transecto 02, corresponde al orden Isopoda con 54 individuos que se presenta en la región ribereña de la microcuenca del río Jubalyacu y el valor más bajo pertenece al orden Haplotaaxida, con un valor de 2 individuos por metro cuadrado.

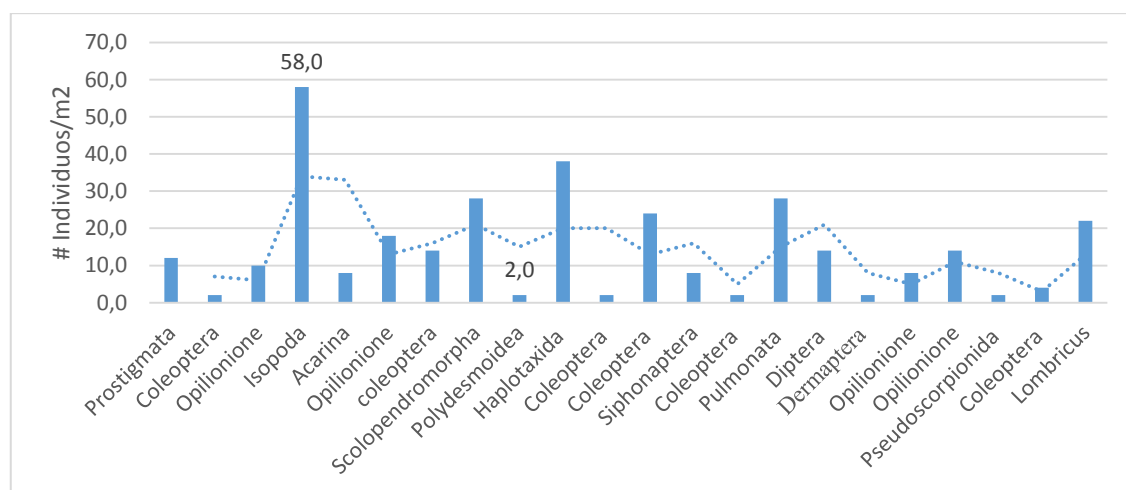


Gráfico 08. Densidad de especies en el transecto 03

El gráfico 08 muestra la distribución de los individuos en los cinco monolitos del transecto 03, con un valor medio de 320 individuos por metro cuadrado, el valor más alto en el transecto 03 en la región media de la microcuenca del río Jubalyacu tiene un valor de 58 individuos que corresponde al orden Isopoda, mientras que los demás organismos se presentan con menor población, pero de igual relevancia ecológica.

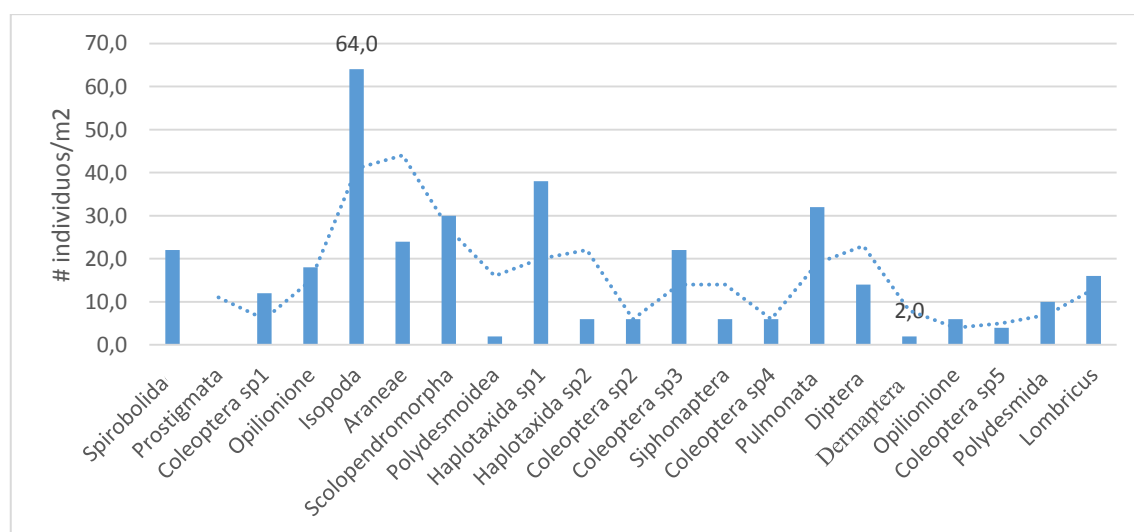


Gráfico 09. Densidad de especies en el transecto 04

El gráfico 09 muestra la distribución de los individuos presentes en los cinco monolitos del transecto 04, con un valor medio de 340 individuos por metro cuadrado. El valor más alto en este transecto pertenece al orden Isopoda con 64 individuos, que está distribuido en las latitudes más altas de la microcuenca del río Jubalyacu, en menor proporción encontramos los órdenes Haplotaxida y Pulmonata con 38 y 32 respectivamente; mientras que el orden Dermaptera, posee un individuo por metro cuadrado.

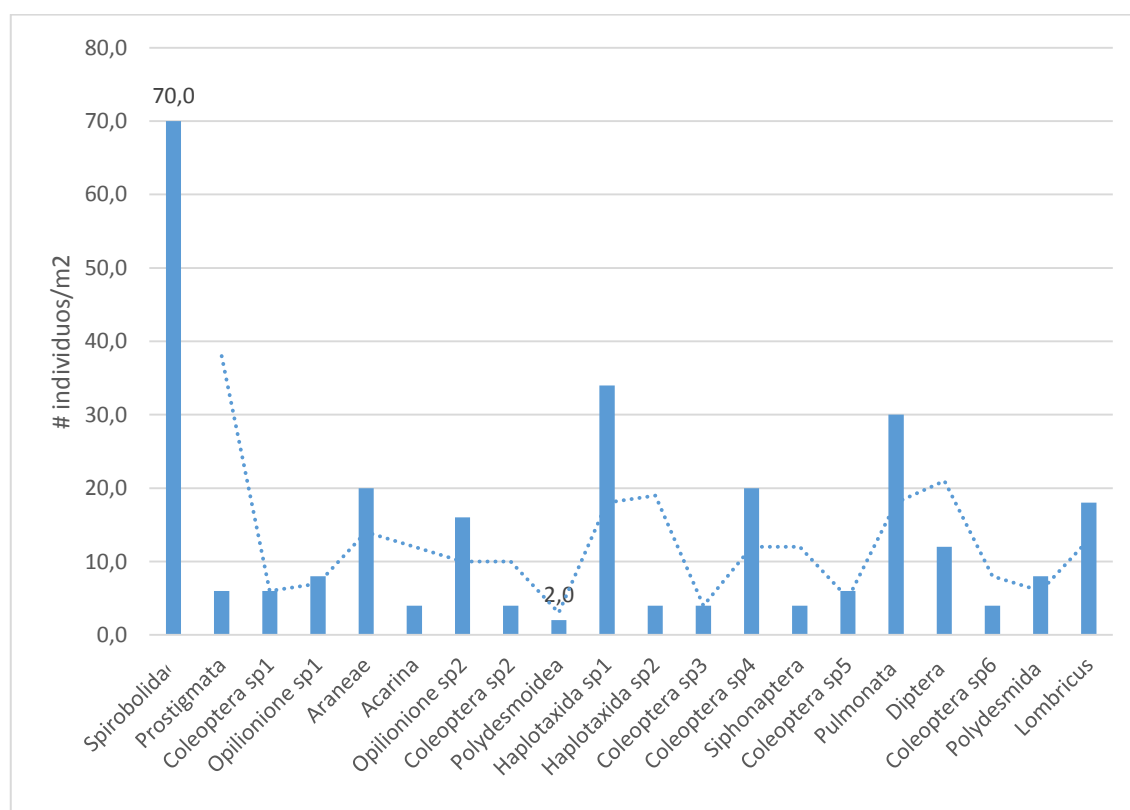













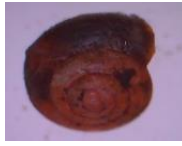














Gráfico 10. Densidad de especies en el transecto 05

El gráfico 10 muestra la distribución de los individuos en los cinco monolitos del transecto 05, con un valor medio de 280 individuos por metro cuadrado, el valor más alto en el transecto 05 ubicado cerca de la zona de transición o límite arbóreo de la microcuenca del río Jubalyacu tiene un valor de 70 individuos para el orden Spirobolida, mientras que el orden Polydesmoidea, posee un valor de 2 individuo por metro cuadrado. Estas especies se caracterizan por tener un amplio rango de distribución, ya que al tener movilidad pueden trasladarse desde los estratos bajos conocidos como los primeros formadores de materia orgánica en la cadena trófica pueden ser especies de interés en ecosistemas restaurados.

Cuadro 03. Mesofauna edáfica presente en la microcuenca del río Jubalyacu

Clase	Orden	Familia	Densidad/m ²					Imagen
			T_01	T_02	T_03	T_04	T_05	
Arachnida	Acarina	Tetranychidae	8	8	8	0	4	
	Araneae	Agelenidae	22	0	0	24	20	
	Opilione	Sclerosomatidae	18	26	18	0	16	
	Opilione	Sclerosomatidae	4	4	14	0	0	
	Opilione	Sclerosomatidae	10	14	58	18	8	
	Prostigmata	Tetranychidae	4	10	2	0	6	
	Pseudoscorpionida		2	8	2	0	0	
Chilopoda	Scolopendromorpha	Cryptopidae	32	28	28	30	0	
Clitellata	Haplotaxida	Megascolicidae	38	22	38	38	34	
	Lombricus	Lombricidae	22	22	22	16	18	
Diplopoda	Polydesmoida	Paradoxosomatidae	6	12	0	10	8	
	Polydesmoida	Paradoxosomatidae	2	8	2	2	2	

	Spirobolida	Rhinocricidae	42	42	12	22	70	
Gastropoda	Pulmonata	Oxychilidae	36	32	28	32	30	
Insecta	Coleoptera	Carabidae	4	14	14	0	4	
	Coleoptera	Scarabaeidae	20	20	24	22	20	
	Coleoptera	Scarabaeidae	2	4	0	0	0	
	Coleoptera	Tenebrionidae	2	8	2	6	6	
	Coleoptera	Tenebrionidae	2	6	4	4	4	
	Coleoptera	Staphylinidae	4	12	10	12	6	
	Dermaptera	Forficulidae	2	8	2	2	0	
	Díptera		12	10	14	14	12	
	Haplotaxida	Glossoscolecidae	2	2	0	6	4	
	Siphonaptera		4	4	8	6	4	
	Coleoptera	Scarabidae	2	0	0	0	0	
Malacostraca	Isópoda	Trachelipidae	62	54	0	64	0	

Fuente: Vivas C

C. ÍNDICES DE BIODIVERSIDAD

Los grupos que integran la mesofauna edáfica son sensibles a las perturbaciones naturales y antrópicas del medio, las que provocan cambios en su composición específica y su abundancia, y ocasionan la pérdida de especies y de su diversidad, con la consiguiente disminución de la estabilidad y la fertilidad del suelo (Socarras, 2013). Por ello la mesofauna edáfica es considerada como un buen indicador biológico de su estado de conservación. El número, la densidad y el balance de sus grupos permiten predecir y evaluar las transformaciones ocasionadas por la aplicación de diferentes métodos de producción agrícola en condiciones edafoclimáticas específicas, así como considerar integralmente el funcionamiento del ecosistema (FREDES, et al., 2009).

Cuadro 04. Índices de biodiversidad

Índices	Transecto_01	Transecto_02	Transecto_03	Transecto_04	Transecto_05
Shannon	0,71 (Media)	0,78 (Alta)	0,77 (Alta)	0,79 (Alta)	0,72 (Media)
Simpson	0,88 (Media)	0,91 (Alta)	0,89 (Alta)	0,88 (Alta)	0,85 (Media)
V.I.	Isopoda (16,8)	Isopoda (13,7)	Isopoda (18,1)	Isopoda (18,8)	Spirobolida (25)
Densid./m²	36800	39400	32000	34000	28000

Se determinaron los índices de biodiversidad Shanon con un alto valor de diversidad en todos los conglomerados, el índice de Simpson muestran una diversidad media en el transecto 1 y 5; una alta diversidad en los demás transectos, el valor de importancia muestra una amplia distribución para el orden Isopoda en los transectos 1-4 y en el transecto 5 encontramos el orden Spirobolida. La densidad de las especies muestra una alta población (González *et al.* 2003) reportaron valores menores a los encontrados en este estudio, en parcelas con y sin cobertura vegetal (23216 y 7853 ind/m², respectivamente).

En el bosque existe una alta acumulación de materia orgánica fuente principal de la cadena trófica y de transformación de nutrientes que permiten el desarrollo de macro invertebrados edáficos. En estudios similares (SOCARRAS, 2011) en Matanzas, en un estudio realizado en el mismo tipo de suelo en parcelas experimentales con más de 20 años, sin intervención agronómica, encontró valores tres veces superiores (30880 ind/m²) a los de la presente investigación (9162 ind/m²).

La presente investigación muestra valores altos en cuanto a la población de las especies de macro invertebrados edáficos, la misma indica la riqueza y biodiversidad de las especies que dependen directamente del bosque, el cual al estar bajo una alta presión antrópica genera una grave amenaza ante la pérdida del mismo, por lo cual estos estudios son importantes para tomar decisiones de manejo integral y de conservación de estos ecosistemas.

VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó la zonificación del área de estudio (microcuenca del río Jubalyacu), la misma que tiene una superficie de 213,15 ha y en donde se establecieron cinco transectos de 20 m, distribuidos de forma sistemática en toda el área del bosque siempre verde andino.
2. Se detectaron un total de 1704 individuos, pertenecientes a 7 Clases, 16 órdenes distribuidas en 7 Familias. Esta información es el producto de la metodología aplicada para determinar la mesofauna del suelo en bloques de (25x25) cm, posteriormente se transformaron los valores para lograr determinar la densidad de individuos por unidad de superficie.
3. Se determinaron los índices de biodiversidad Shanon con un alto valor de diversidad en todos los conglomerados, mientras que el índice de Simpson muestran una diversidad media en el transecto 1 y 5; una alta diversidad en los demás transectos, el valor de importancia muestra una amplia distribución para el orden Isopoda en los transectos 1-4 y en el transecto 5 encontramos el orden Spirobolida, estos dependen directamente del estado de conservación del bosque, el cual al estar bajo una alta presión antrópica genera una grave amenaza ante la pérdida del mismo, por lo cual estos estudios son importantes para tomar decisiones de manejo integral y de conservación de estos ecosistemas. La densidad de las especies reportaron valores de 28000 a 39400 individuos.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar un estudio sobre las interacciones entre las especies forestales y la mesofauna en este tipo de ecosistemas, a fin de conocer la distribución e interacción con el medio que les rodea, con el propósito de impulsar mejoras en la aplicación de procesos de restauración de ecosistemas degradados.
2. Se sugiere desarrollar estudios complementarios y detallados de la macrofauna edáfica con potencial de transformación de la materia orgánica, que se encuentran en este tipo de bosque nativo de ceja andina, a fin de generar alternativas productivas sostenibles para mitigar el cambio de uso de suelo y disminuir los efectos del cambio climático.
3. Se debe difundir la información obtenida de la presente investigación a comunidades e instituciones involucradas en la conservación y manejo de bosques, para que sean conocedores del alto potencial que poseen y sean actores directos en la generación de planes de manejo sostenibles de la microcuenca del río Jubalyacu.
4. Realizar un monitoreo continuo sobre la mesofauna para poder desarrollar un índice de sitio con estas características edáficas, climáticas, florísticas y así elaborar planes de forestación y reforestación.
5. Debemos considerar la mesofauna edáfica como un bioindicador de la calidad del suelo en el bosque de ceja andina, debido a que estas poblaciones forman parte de la cadena trófica y reciclaje de los nutrientes, los mismos que pueden ser utilizados en procesos de regeneración y restauración forestal.

VIII. RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo estudiar la mesofauna edáfica del bosque siempreverde montano alto que tiene una superficie de 213,15 ha, se encuentra ubicado en la microcuenca del río Jubalyacu, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo. Para el análisis de la mesofauna, se utilizó la metodología recomendada por el Programa de Biología Fertilidad de los Suelos Tropicales, TSBF, en la que se establecieron cinco transectos de 20 m, donde se colectaron cinco monolitos de 25 x 25 cm y 10 cm de profundidad cada 5 m. Para la extracción de los monolitos se utilizó un marco metálico. Las muestras fueron depositadas en bandejas plásticas donde se clasificó los especímenes vivos, colocándolos en frascos con alcohol al 70% y formaldehído al 60%, para la identificación de los ejemplares se utilizó manuales de identificación y guías descriptivas de macroinvertebrados edáficos. Se detectaron un total de 1704 individuos, pertenecientes a 7 familias, 16 órdenes distribuidas en 7 clases. La densidad de las especies reportaron valores de 28000 a 39400 individuos/m². El índice de biodiversidad de Shanon presenta un valor alto en todos los conglomerados, mientras que el índice de Simpson muestran una diversidad media en el transecto 1 y 5; una alta diversidad en los demás transectos, el valor de importancia muestra una amplia distribución para el orden Isopoda en los transectos 1-4 y en el transecto 5 encontramos el orden Spirobolida, estos dependen directamente del estado de conservación del bosque, el cual al estar bajo una alta presión antrópica genera una grave amenaza ante la pérdida del mismo, por lo cual estos estudios son importantes para tomar decisiones de manejo integral y de conservación de estos ecosistemas.



IX. SUMMARY

The current research proposes to study the edaphic mesofauna of the evergreen high mountain forest, located on the shore of Jabalyacu river, Achupallas parish, Alausí canton Chimborazo province. For this analysis it was used the methodology recommended by the Program of Tropical Soils Biology and Fertility, TSBF, where five types of transects of 20 m were established, where five monoliths of 25x25 cm and 10 cm depth were collected every 5 m. For the extractions of monoliths a metal frame was used. The samples were laid in plastic trays where the living species were classified, putting them into containers with alcohol to 70% and formaldehyde to 60%, for the identification of the samples, manuals of identification were used as well as descriptive guides of edaphic macro invertebrates. A total of 1704 individuals were detected from 7 families, 16 orders distributed in 7 classes. Density of species reported figures from 28000 to 39400 individuals /m². The Shanon's index of biodiversity shows a high rate in all conglomerates, whilst Simpson's index shows a medium biodiversity in the transect 1 and 5; high diversity in the other transects, the rate of importance shows a wide distribution for the Isopod order in transects 1-4 and In transect 5, the order Spirobolid order, they depend directly on the state of conservation of the forest, which since it is under a high anthropic pressure, it generates a serious threat due to its loss. These studies are important to make decisions of holistic management and the conservation of these ecosystems.



X. BIBLIOGRAFÍA

1. Adriaanse, A., 1993. *Environmental Policy Performance Indicators. A Study on the Development of Indicators for Environmental Policy in the Netherlands. Sdu Uitgeverij Koninginnergrach, The Netherlands.*, s.l.: s.n.
2. Agosti, D., Majer, J., L., A. & T., y. S., 2000. Measuring and Monitoring Biological Diversity.. *Standard Methods for Ground-living Ants, Smithsonian Institution,DC.*
3. Aguilera, S. M., 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín N° 14. Valdivia, Chile.. pp. 77-85.
4. Aira, M., Monroy, F., Domínguez, J. & Mato, S., 2002. How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure.. *European Journal of Soil Biology*, pp. 38:7-10.
5. Anderson, J. & Ingram, J., 1989. *Tropical Soil Biology and Fertility.* s.l.:Wallingford: CAB international..
6. Arshad, M. & Coen, G., 1992. Characterization of soil quality: Physical and chemical criteria.. *American J. of Alternative Agriculture*, Volumen 7, pp. 25-31.
7. Bachelier, G., 1978. La faune des sols, son écologie et son action. *Initiations et Documents Techniques*, p. 38.
8. Baquero, F., 2004. *La vegetación de los Andes del Ecuador.* [En línea] Availableat: <https://www.flacso.org.ec/biblio/catalog/resGet.php?resId=43572>
9. Bestelmeyer, B. T. y otros, 2000. Soil microarthropods of a rubber plantation and a natural forest.. *Environment & Ecology*, pp. 3(2), 143-147..
10. Botello, F. y otros, 2007. Sistematización de imágenes obtenidas por fototrampeo: una propuesta de ficha.. *Revista mexicana de biodiversidad*, pp. 207-210..
11. Bouché, M., 1977. 'Stratégies lombriciennes'. *Persson (eds) Soil Organisms.*

12. Brown, G. Doube, B. , 2004. Functional Interactions between Earthworms, Microorganisms, Organic Matter, and Plants.. *Earthworm ecology*, p. 213.
13. Buckman, H., 1993. *Naturaleza y propiedades de los suelos*. México D.F.: Hispano América.
14. Buol, H. C., 1989. *Génesis y clasificación de suelos*. México D.F.: Trillos.
15. Campbell et al. (2002) citado por: Cargua F & Rodríguez M, 2013. *Elaboración de un inventario forestal multipropósito con énfasis en el contenido de carbono de las diferentes clases de uso de tierra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo*.
16. Cargua, F. E., Rodríguez, M. V., Recalde, C. G. & Vinuesa, L. M., 2014. Cuantificación del Contenido de Carbono en una Plantación de Pino Insigne (*Pinus radiata*) y en Estrato de Páramo de Ozogoché Bajo. *Información tecnológica*, Junio, 25(3), pp. 83-92.
17. Chapman, H., 1995. Diagnostic criteria for plantas and soils.. En: California: s.n., p. 793.
18. Chocobar, A., 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejos en un experimento de larga duración.. *Tesis en opción al grado científico de Máster en Ciencias, Especialista en Edafología*.
19. Ciesla, M., 1996. *Cambio Climático; bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto*. Roma, FAO. 147 p.. s.l.:s.n.
20. Davies B. (1974) citado por: Burgos, D. Cerda, A. Cueto, J., 2012. *Determinación de carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando método de combustión seca*. [En línea] Available at: http://www.agrofaz.mx/wp-content/uploads/articulos/2012123IX_4.pdf
21. Domínguez, J., 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research.. *Earthworm Ecology*., pp. 401-424.
22. Domínguez, J., 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research.. *Earthworm Ecology*., pp. 401-424.

23. Dumanski, J., Gameda, S. & Pieri, C., 1998. *Indicators of land quality and sustainable land management. The World Bank, Washington DC, USA., s.l.: s.n.*
24. ECOLAP y MAE, 2007. *Guía de Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador.* [En línea] Available at: www.ambiente.gob.ec.
25. Edwards, C. & Bohlen, P., 1996. Biology and ecology of earthworms.. *Chapman and Hall London*, p. 426.
26. Estrada, I., 2007. *Carbono en biomasa aérea en suelo y su relación con la fracción fina de este reservorio. Colegio de Posgraduados Montecillo Texcoco, Edo de Mexico. Pp: 1-24.* Mexico: s.n.
27. Ettema, C. y Wardle, D., 2002. Spatial soil ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, pp. vol 17, pp117-183.
28. FAO, 2001. *Secuestro de Carbono en el suelo.* [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/manejo-del-suelo/secuestro-de-carbono-en-el-suelo/es/>
29. FAO, 2012. *Propiedades Físicas del Suelo.* [En línea] Available at: <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>
30. FREDES, N., MARTINEZ, P., V, B. & OSTERRIETH, M., 2009. Microartrópodos como indicadores de disturbio antrópico en entisoles del área recreativa de Miramar. *Ciencia del suelo*, Volumen 27, pp. 89-101.
31. Gallardo, A., Delgado, M. & Morillas, L. y. C. F., 2009. Ciclos de nutrientes y procesos edáficos en los ecosistemas terrestres: especificidades del caso mediterráneo y sus implicaciones para las relaciones suelo-planta.. *Ecosistemas*, pp. 18(2):4-19.
32. García, A. y Bello, A. , 2004. Diversidad de los organismos del suelo y transformaciones de la materia orgánica. Memorias. I Conferencia Internacional Eco-Biología del Suelo y el Compost.. *Eco-Biología del Suelo y el Compost.* , p. 211.

33. García, A., 1989. *Caracterización Biológica de Suelos Representativos de la Región Central*. Universidad Complutense de Madrid: s.n.
34. González M. Etchevers B. Hidalgo M., 2008. *Carbono en suelos de ladera: factores que deben de considerarse para determinar su cambio en el tiempo*. *Agrociencia*. 42(7):. s.l.:s.n.
35. Goodland, R. & Daly, H., 1996. Environmental sustainability: universal and non-negotiable.. *Ecological Applications*, Volumen 6, pp. 1002-1017.
36. Hawksworth, D., 1991. The fungal dimension of biodiversity. *Mycological research*, pp. 641-655.
37. Hernández, M., 2012. *SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS ECOSISTEMAS DE PASTIZALES SEMIÁRIDOS DEL ALTIPLANO DEL NORTE DE MEXICO*. [En línea] Available at: http://www.fcf.uanl.mx/sites/default/files/files/30_%203%C2%B0%20Nivel%20M_C_%20Miguel%20%20C3%81ngel%20Hern%C3%A1ndez%20G%C3%B3mez.pdf
38. Hontoria, C. Rodríguez, J. Murillo, A., 2004. Contenido de carbono orgánico en el suelo y factores de control en la España Peninsular: Departamento de Edafología. Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. *EDAFOLOGIA*, Vol. 11(2). pp. 149-157.
39. Hünneimyer, J., De Camino, R. & Müller, S., 1997. *Análisis del desarrollo sostenible en centroamérica: Indicadores para la agricultura y los recursos naturales*. San José, Costa Rica: IICA/GTZ.
40. INE, 2007. *Análisis físicos y químicos en suelo*. [En línea] Available at: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf>
41. Jackson M. (1964) citado por: Martínez, E. Fuentes, J. Acevedo, E., 2008. CARBONO ORGANICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutricion vegetal*, pp. 5-15.
42. Kononova M. (1966) citado por: Martínez, E. F. J. A. E., 2008. CARBONO ORGÁNICO Y PROPIEDADES DEL SUELO. *Revista de la ciencia del suelo y nutricion vegetal*, pp. 6-8.

- 43.Lores, V. y otros, 2006. Recording the daily physical activity of COPD patients with an accelerometer: An analysis of agreement and repeatability.. *Archivos de Bronconeumología ((English Edition))*, pp. 42(12), 627.
- 44.Luxton, M., 1982. General ecological influence of the soil fauna on decomposition and nutrient circulation.. pp. 355-357.
- 45.MAE, 2008. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Fondo Mundial GEF. Adaptación al cambio climático a través de una efectiva gobernabilidad del agua en Ecuador PACC.* s.l.:s.n.
- 46.Mena, P. A. , J. & G. M. (., 2000. *Los Suelos de Paramo.Serie Páramo 5. GTP/Abya Yala. Quito.* [En línea] Available at: http://www.ecociencia.org/archivos/paramo_GTP05-091128.pdf
- 47.Mengual, M., 2013. *El perfil del suelo y sus horizontes.* [En línea] Available at: <https://historia-vcentenario.wikispaces.com/file/view/El+perfil+del+suelo+y+sus+horizontes.pdf>
- 48.Moore, M., Allen, J. & Somerfield, P., 2006. Autophagy: role in surviving environmental stress. *Marine environmental research*, pp. 62, S420-S425.
- 49.Moreira, F., Huising, E. & Bignell, E., 2012. *Manual de biología de suelos tropicales.* Mexico: Instituto nacional de ecología.
- 50.Nelson, W and Sommers L. (1982) citado por: Burgos, D., Cerda, A., 2012. Determinación de carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando método de combustión seca. pp. 142-145.
- 51.Oñate, M., 2008. *Fundamentos de Geología y Edafología.* Riobamba-Ecuador: Politécnica.
- 52.Ordóñez J. (1999) citado por: Ortíz, A. & R. L., 2006. ALMACENAMIENTO Y FIJACION DE CARBONO DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO *Theobroma cacao* L Y LAUREL *Cordia alliodora* (Ruiz & Pavón) Oken EN LA RESERVA INDÍGENA DE TALAMANCA, COSTA RICA. p. 41.
- 53.Ortiz, A. & Riascos, L., 2006. *ALMACENAMIENTO Y FIJACION DE CARBONO DEL SISTEMA AGROFORESTAL CACAO Theobroma cacao L Y LAUREL*

Cordia alliodora (Ruiz & Pavón) Oken EN LA RESERVA INDÍGENA DE TALAMANCA, COSTA. [En línea] Available at: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3706E/A3706E.PDF>

- 54.Ortiz, V. & Ortiz, A., 1995. Edafología. Ed Universidad Autonoma de Chapingo. Chapingo. Edo de Mexico. pp. 135-138.
- 55.Petersen, H. & Luxton, M., 1982. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes.. *Oikos*, pp. 288-388.
- 56.Raison, R. J. B. A. G. F. D., 2001. *Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management. CABI Publishing in association with The International Union Of Forestry Reserca Organizations..* s.l.:s.n.
- 57.Ravindranath and Oswald (2008) citado por: MAE/FAO , 2012. *UNIDAD TÉCNICA MAE/FAO. 2012. Proyecto Evaluación Nacional Forestal-EFN.* Quito: s.n.
- 58.Rice, W., 2001. *Secuestro de CO2 atmosferico en el suelo. 9a ed. Congreso Nacional de APRESID.9(88)*, s.l.: s.n.
- 59.Robert, M., 2002. *CAPTURA DE CARBONO EN LOS SUELOS PARA UN MEJOR MANEJO DE LA TIERRA.* [En línea] Available at: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/wsr96s.pdf>
- 60.Rondeux, J. (1996) citado por: Cargua & Rodríguez, 2013. *elaboración de un inventario forestal multipropósito con énfasis en el contenido de carbono de las diferentes clases de uso de tierra, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo.*
- 61.Rosell, D. (2001) citado por: Burgos, D., Cerda, A., 2012. Determinación de carbón total y carbón orgánico en diferentes suelos usando metodo de combustión seca. pp. 142-145.
- 62.Sampedro, L., Monroy, F. & Domínguez, J., 2008. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web.. *Soil Biology and Biochemistry*, pp. 40(10), 2511-2516..
- 63.Sánchez, J., 2007. *FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION MINERAL DE PLANTAS.* [En línea] [http://academic.uprm.edu/dpesante/docs apicultura/fertilidad%20del%20suelo.pdf](http://academic.uprm.edu/dpesante/docs_apicultura/fertilidad%20del%20suelo.pdf)

64. Scheu, S., 2002. The soil food web: structure and perspectives. *European Journal of Soil Biology*, p. 38:11.
65. Sheu, S., 1987. Microbial activity and nutrient dynamics in earthworm casts (Lumbricidae). *Biol fertil soils.*, pp. 5: 230 - 234.
66. Sierra, R. 1., 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. *Proyecto INEFAN/GEF-BIRF y Ecociencia. Quito*, pp. 107-108.
67. Socarras, A., 2013. Mesofauna edáfica: indicador biológico de la calidad del suelo. *Pastos y Forrajes*, pp. 5-13.
68. SOCARRAS, A. R. N., 2011. Caracterización de la mesofauna edáfica bajo diferentes usos de la tierra en suelo Ferralítico Rojo de Mayabeque y Artemisa. *Pastos y Forrajes*, 34(2), pp. 185-197.
69. Sqi, I. S. Q., 1996. *Indicators for Soil Quality Evaluation. USDA Natural Resources Conservation Service.*, USA: Prepared by the National Soil Survey Center in cooperation with The Soil Quality Institute, NRCS, USDA, and the National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service.
70. Suárez, D., 2008. *Formación de un Corredor de Hábitat de un Bosque Montano Alto en un Mosaico de Páramo en el Norte del Ecuador*, s.l.: s.n.
71. Sumner, M., 2000. Beneficial use of effluents, wastes, and biosolids. *Communications in Soil Science & Plant Analysis.*, pp. 31(11-14), 1701-1715.
72. Swift, M., Bignell, D. , 2001. *Standard methods for assessment of soil biodiversity and land use practice.*. Bogor, Indonesia: International Centre for Research in Agroforestry.
73. Swift, R. (2001) citado por: Martínez. S., A. Faz Cano., 2008. Contenido en carbono orgánico como indicador del proceso de desertificación en suelos desarrollados de material parental volcánico en la Región de Murcia. pp. 1-3.
74. Swift, M., 1976. Species diversity and structure of microbial communities. *Blackwell Scientific Publications*, pp. 185-222.

75. Swift, M., 1976. Species diversity and structure of microbial communities.. *Blackwell Scientific Publications*, pp. 185-222.
76. Swift, M. y. B. D., 2001. 'Standard methods for the assessment of soil biodiversity and land-use practice'. *International Centre for Research in Agroforestry, South East Asian Regional Research Programme*,.
77. Terradas, J., 2001. *Ecología de la vegetación de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes*. Barcelona: Omega.
78. Torsvik, V. & Thingstad, T., 2002. Prokaryotic diversity--magnitude, dynamics, and controlling factors.. *Science*, pp. 1064-1066..
79. Usher, A., 2006. Estudio global de los rankings universitarios. Calidad en la Educación. *Calidad en la Educación*, pp. 33-53..
80. WRI, 2001. *Evaluating carbon sequestration projects: A first attempt*. World Resources Institute. Washington DC.. [En línea] Available at: www.wri.org
81. Yáñez, A., 2004. *La captura de carbono en bosques: ¿ una herramienta para la gestión ambiental?* *Gaceta Ecológica*, pp. 5-18,. [En línea] Available at: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53907001.pdf>
82. Zambrano, A., Franquis, F., 2004. Emisión y Captura de Carbono en los Suelos en Ecosistemas Forestales. pp. 11-20.

XI. ANEXOS

ANEXO 01. Toma de muestras de suelo en campo



1. Preparación de herramientas.



2. Identificación del sitio de muestreo.



3. Establecimiento del PI de la parcela



4. Excavación de la calicata



5. Extracción del monolito



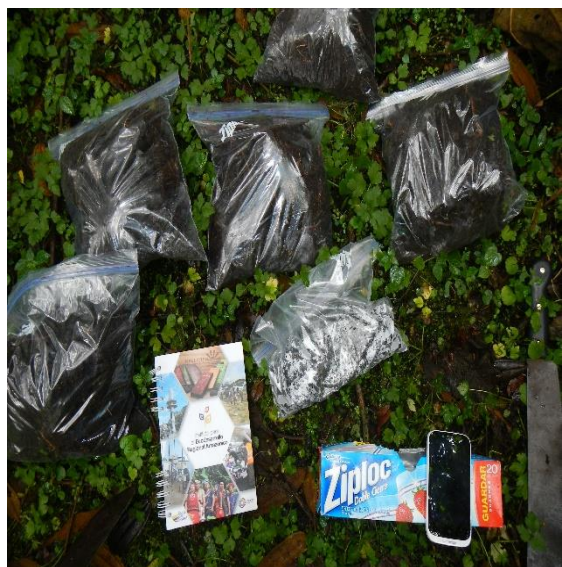
6. Observación de la macrofauna del suelo



7. Recolección de muestras de suelo



8. Etiquetado de las muestras de suelo



9. Muestras de suelo



10. Transporte de Muestras al laboratorio



11. Mesofauna edáfica



12. Mesofauna edáfica

ANEXO 02. Análisis de muestras en el laboratorio

1. Preparación de muestras de suelo en el Laboratorio



2. Determinación de las muestras



3. Recolección de las mesofauna en el laboratorio.



4. Recolección de la mesofauna en alcohol para la posterior identificación.



5. Etiquetado de las muestras.



6. Identificación de la mesofauna edáfica.



5. Identificación de la mesofauna edáfica.



6. Identificación de la mesofauna edáfica.



7. Vista con el Estereoscopio



8. Vista con el Estereoscopio

ANEXO 03. Descripción de la mesofauna del suelo

MUESTRA 01

Clase: DIPLOPODA

Orden: Spirobolida

Familia: Rhinocricidae

Características

La clase Diplopodos “milpiés” viven entre la roca desnuda y las hojarasca; son muy lentos, no tienen apéndices venenosos pero tienen gran cantidad de glándulas dispersas en la piel que segregan una sustancia nauseabunda (que produce náuseas) y nociva. En particular, el cuerpo de los diplópodos, en una vista transversal, es circular, dorsalmente plano, en forma de una cúpula con el vientre plano o completamente plano.



Su cabeza posee un par de antenas, estructuras mandibulares con las que fragmentan el material vegetal en descomposición y estructuras receptoras de luz que les sirven para “ver”, llamadas ocelos, ubicadas a cada lado de la cabeza, aunque algunas especies son ciegas. Posterior a la cabeza, se presenta un segmento que no tiene patas, llamado collum, e inmediatamente a éste un número variable de segmentos que, dependiendo del orden al que pertenezca el ejemplar, se pueden contar de 13 a más de 150 en el estado adulto.

El último segmento del cuerpo no tiene patas y está constituido por una placa dorsal (epiprocto), dos valvas anales (paraproctos) y una placa ventral (hypoprocto). Los diplópodos se diferencian del resto de los miriápodos por poseer dos pares de patas en cada uno de los diplosegmentos de los que se compone el tronco del cuerpo (excepto en los primeros cuatro o cinco y los dos o tres últimos segmentos) y de allí deriva el nombre, tanto científico como común, con el que se conoce a la clase (Diplopoda y diplópodos, respectivamente).

MUESTRA 02

Clase: ARACHNIDA

Orden: Prostigmata

Familia: Tetranychidae

Características



Los ácaros son muy difíciles de ver a simple vista. La araña roja aparece como pequeños puntitos rojos sobre los órganos afectados. Para observarlos bien utilizaremos una lupa. Los adultos vienen a medir 0,5-0,6 mm. Los ejemplares machos tienen forma de pera y un color amarillento, mientras que las hembras son más redondas y de un rojo anaranjado.

Los colores antes señalados pueden variar en función de la edad, estación del año o la planta de la que se alimentan. Otros posibles colores son: verde claro, verde oscuro, marrón, rojo intenso... Presentan dos manchas dorsales laterales oscuras, a ambos lados del cuerpo. Las patas son más bien cortas.

Las arañas rojas inmaduras son más pequeñas, tienen la misma forma que los ejemplares adultos y su coloración es más tenue. Los estadios larvarios presentan tan solo 3 pares de patas, mientras que las ninfas ya tienen los 4 pares que caracterizan a todos los ácaros. Huevos: Adheridos a los pelos de los nervios del envés de las hojas. Forma globosa a oblonga, lisos y de $\pm 0,1$ mm de diámetro. Tras la puesta su color es transparente a blanco, pero con el tiempo se va tornando naranja, cada vez más oscuro.

MUESTRA 03**Clase: INSECTA****Orden: Coleoptera****Familia: Staphylinidae****Características**

Los adultos y larvas de Staphylinidae se pueden encontrar en una gran variedad de ambientes, desde el nivel del mar hasta sitios de alta montaña ubicados por arriba de los 4 000 m de altitud; en ambientes silvícolas, pueden recolectarse asociados a frutos, hongos, madera en descomposición, hojarasca, debajo de rocas, en el borde de arroyos, ríos, lagos, lagunas, en cadáveres de fauna silvestre o cadáveres humanos, en nidos de aves o de insectos, en madrigueras de mamíferos, como ectocomensales de mamíferos o parasitoides.

Con frecuencia, además del número de especies, sus poblaciones pueden ser abundantes llegando a encontrar en algunas especies cifras superiores de 1 500 individuos en muestreos mensuales. Los estafilínidos tienen un importante papel en los ecosistemas, tanto actuando como presas, como manteniendo el equilibrio de poblaciones de otros insectos.

MUESTRA 04**Clase: ARACHNIDA****Orden: Opilione****Familia: Sclerosomatidae****Características**

Comprende alrededor de 5.000 especies de arácnidos que se caracterizan por presentar un cuerpo corto, prosoma unido al opistosoma en forma ancha, este último débilmente segmentado y a menudo con ornamentaciones en forma de espinas; con pedipalpos no quelados, patas delgadas y frágiles.

Sin pulmones, glándulas sericígenas (para hacer telas de araña), ni venenosas, con glándulas repugnatorias para la defensa; no existe dimorfismo sexual; viven entre la hojarasca y maderas en putrefacción de las que obtienen su alimento (descomponedores). No causan accidentes al hombre.

MUESTRA 05**Clase: MALACOSTRACA****Orden: Isopoda****Familia: Trachelipidae****Características**

El cuerpo consta de tres regiones, la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza posee dos pares de antenas; el primero está bien desarrollado y lo utilizan para explorar, saborear y oler la comida; el segundo par de antenas es pequeño e invisible externamente. El tórax posee ocho segmentos, cada uno de los cuales tiene un par de patas; el primer segmento tiene fusionada la cabeza; los siete segmentos restantes forman el pereion; al final del abdomen poseen un par de apéndices llamados urópodos.

MUESTRA 06**Clase: ARACHNIDA****Orden: Aranea****Familia: Agelenidae****Características**

Los agelénidos son arañas acribeladas (sin cribelo) y sin calamistro, con órganos genitales complejos (epigino en la hembra y bulbo copulador en el macho). Quelíceros con un plegamiento labidognato. El aparato respiratorio consta de un par de filotráqueas epigástricas, un sistema traqueal, con estigma único abierto inmediatamente delante de las hileras; extremos de patas con tres uñas tarsales.

En la cara ventral del opistosoma, junto al tubérculo anal, hay seis hileras subterminales, las posteriores separadas en su base y biarticuladas, las anteriores poco separadas y con un único artejo; sin cólulo. En su escudo prosómico se aprecian las dos partes: cefálica y torácica; la cefálica, larga, estrecha, bordes paralelos; la torácica aplanada, de contorno redondeado, y con una fóvea central.

Los ocho ojos están en dos filas transversales, con distorsión procurva o recurva. Los quelíceros están oscurecidos, son robustos, con márgenes dentados, con 6-8 dientes en el retromargen. Cuerpo pubescente, pardo, condicionando su pigmentación.

MUESTRA 07**Clase: ARACHNIDA****Orden: Acarina****Familia: Tetranychidae****Características**

Son ácaros fitófagos de color rojo oscuro con manchas laterales extendidas. El cuerpo es globoso ovalado con setas (pelos gruesos) blancos. Los huevos son esféricos, de color rojo brillante y provistos de un pedicelo (pelo) blanco central más claro. Las arañas rojas (Tetranychidae) pertenecen a la superfamilia Tetranychoidae, las cuales constan de cinco familias, siendo Tetranychidae la más grande. Bajo un microscopio, la superfamilia Tetranychoidae puede distinguirse de todos los otros ácaros por sus quelíceros modificados en estiletes largos, recurvados y en forma de J.

Estos estiletes se encuentran encerrados en una cápsula hemisférica llamada estilóforo y se utilizan para perforar tejidos vegetales. Los ácaros rojos (Tetranychidae) pueden distinguirse de otros tetranychoides en su mayor parte por sus palpos (con el cual la hembra Tetranychinae produce la seda), los cuales generalmente se curvan hacia adentro y tienen setas robustas en forma de uña (en la tibia del palpo) y una estructura en forma de dedo pulgar (a saber, tarso del palpo) (Fig. 3). Los machos suelen ser más pequeños y generalmente más puntiagudos en la parte posterior que las hembras.

MUESTRA 08**Clase: DIPLOPODA****Orden: Polydesmoidea****Familia: Paradoxosomatidae****Características**

La familia se caracteriza por varios rasgos. La mayoría de las especies poseen una ranura o surco ("surco") en la superficie dorsal entre las quillas (paranota) en cada segmento, y las quillas de la segunda segmento del cuerpo están situados más abajo en el cuerpo que los de la primera segmento (collum) y tercer segmento. En los hombres, la apertura en la parte inferior del cuerpo donde los gonopods (apéndices reproductores masculinas) conceden tiene un estrechamiento

central, formando la forma de un reloj de arena o pesa. Los machos de la mayoría de las especies también poseen una o dos proyecciones sobre el sternite del quinto segmento del cuerpo. Paradoxosomatids puede tener 19 o 20 segmentos del cuerpo, además de la cabeza, y ozopores (aberturas de las glándulas defensivas) situados en los márgenes laterales de quillas (en la mayoría de las especies) segmentos 5, 7, 9, 10, 12, 13, y 15 al último segmento.

MUESTRA 09

Clase: INSECTA

Orden: Coleoptera

Familia: Carabidae



Características

Los **carábidos** (**Carabidae**) son una de las grandes familias de coleópteros, con un número de especies que oscila entre 30.000 y 37.000 (dependiendo de la amplitud dada a la familia) en todo el mundo (2.500 en Europa, 2.200 en Norteamérica). Se trata de la familia de adéfagos más amplia y representativa. Son típicamente habitantes del suelo, ya que son malos voladores. Su tamaño varía desde 2 a 60 mm. Muchas especies son negras o pardas, aunque son frecuentes las coloraciones con brillo metálico (verde, dorado, cobrizo, bronce). Las antenas son en general filiformes, las mandíbulas son poderosas y las patas son fuertes y corredoras. Los élitros suelen tener costillas, estrías, cadenas o puntos, alineados longitudinalmente; acostumbran a estar imbricados y las alas membranosas acortadas, por lo que muchas especies no vuelan.

MUESTRA 10

Clase: CHILOPODA

Orden: Scolopendromorpha

Familia: Cryptopidae



Características

También conocidos como ciempiés, de los cuales se diferencian por poseer de 21 a 23 pares de patas. Como en el resto de los quilópodos, en el primer segmento del tronco tiene un par de colmillos venenosos, denominados forcípulas, que son el primer par de patas modificadas en dos grandes uñas asociadas a una glándula venenosa y que usan tanto para defenderse como para capturar y paralizar a las presas, actuando como piezas bucales adicionales. Los

escolopendromorfos, como el resto de quilópodos, son depredadores que cazan pequeños animales, en general otros artrópodos. Las presas son capturadas por el último par de patas, provisto de fuertes espinas y uñas. A continuación, girando el cuerpo, le clavan las forcípulas, que inyectan veneno que las paraliza o las mata. El veneno contiene histamina, acetilcolina, proteínas (que actúan como toxinas) y varias enzimas.

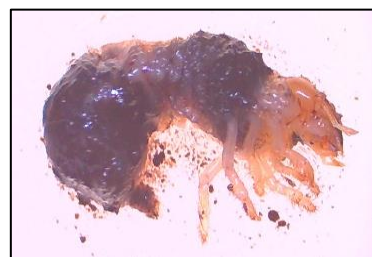
MUESTRA 11

Clase: INSECTA

Orden: Coleoptera

Familia: Scarabaeidae

Características



Los clase clitellata (nombre que reciben porque poseen una región corporal llamada clitelo, en la cual se alojan los órganos reproductivos) son un grupo con más de 8.000 especies. Son organismos de distribución mundial con su máxima diversidad en las selvas tropicales. Viven bajo tierra, en agua dulce y salada y en lugares permanentemente húmedos. A diferencia de otros anélidos carecen de etapa larval, por lo que del huevo sale ya un animal con la misma morfología que el adulto. La cabeza de los clitelados está poco desarrollada, y carecen de quetas bien desarrolladas en los segmentos, aunque en algunas especies se pueden observar diminutas quetas.

MUESTRA 12

Clase: GASTROPODA

Orden: Pulmonata

Familia: Oxychilidae

Características



Los caracoles pulmonados reciben este nombre porque muchos de ellos presentan una cavidad corporal tapizada por muchos capilares y que hace la función de pulmón, permitiéndoles respirar fuera del agua. Son el único grupo de moluscos que han colonizado el medio terrestre (a excepción de unas pocas especies del orden *Sorbeoconcha*). Los *Pulmonata* más primitivos son acuáticos, pero en su reconstrucción filogenética se observa como poco a poco estos caracoles se van adaptando al medio terrestre.

A parte de algunos caracoles dulceacuícolas y terrestres, en este grupo también se sitúan las babosas, que no son más que un tipo de caracol que ha perdido la concha, con numerosas especies intermedias donde puede verse como se va perdiendo la concha. Los organismos de este grupo están presentes en la mayoría de los medios terrestres, incluso en zonas desérticas, pero siendo más abundantes en los ecosistemas tropicales húmedos. La mayoría suelen ser herbívoros o se alimentan de materiales en descomposición, pero hay algunas especies carnívoras cazadoras. En ocasiones pueden ser abundantes, originando plagas en zonas de cultivo.

MUESTRA 13

Clase: CLITELLATA

Orden: Haplotaxida

Familia: Megascocolicidae



Características

Los *Haplotaxida* son un grupo de anélidos que engloba a las lombrices y sus parientes. Sus especies poseen una morfología bastante homogénea, con las quetas laterales más o menos desarrolladas.

El grupo se distribuye por todo el mundo, viviendo en lugares húmedos o bajo el agua. Se pueden encontrar principalmente bajo tierra, entre hojarasca y humus vegetal, en cortezas y demás galerías húmedas, en el agua de riachuelos y lagos o en los sedimentos de estos y en el agua y sedimentos marinos. Su alimentación consta generalmente de detritus orgánico, aunque algunos pueden comer algas o plancton.

Los miembros de esta familia tienen el típico "megascolecine" disposición de poros masculinos, con conductos deferentes y conductos prostáticos que unen antes de abrir a través de un poro combinado en el segmento 18, en lugar de la disposición "acanthodriline" (con poros masculinos y los poros de uno o más pares de próstatas de apertura por separado cerca de segmento de 18, pero nunca combinado en el segmento de 18) que se encuentran en las familias relacionadas Acanthodrilidae, Octochaetidae y Exidae.

Algunos taxones también exhiben enteronephry, donde algunos nefridios, en lugar de vaciado a la superficie del cuerpo, vacía en el tracto digestivo. Setas puede ser lumbricine (plesiomorphic, ocho por segmento) o perichaetine (más de ocho setas por segmento).

MUESTRA 14**Clase: INSECTA****Orden: Dermaptera****Familia: Forticulidae****Características**

Esta familia está formada por especies de tamaño mediano a grande, de 14 a 24 mm de longitud, muy ágiles y variables en color y forma. El cuerpo es cilíndrico, delgado y con alas bien desarrolladas. El segundo segmento tarsal de los forficúlidos es típicamente aplanado y bilobulado.

Otra especie común entre los 1000 y 2500 m, de es *Ancistogaster scabilosa* de 14 a 17 mm de largo, de color café y élitros cortos. Los cercos de los machos son alargados y con dientes que se proyectan en su parte media y distal. Los machos presentan unas proyecciones en los tergitos abdominales posteriores que son utilizadas para frotar el abdomen del oponente en las luchas entre ellos. El abdomen es ancho y deprimido. Se le puede encontrar en plantas epífitas como bromelias y orquídeas.

MUESTRA 15**Clase: INSECTA****Orden: Coleoptera****Familia: Tenebrionidae****Características**

La mayoría de las especies son de color negro o marrón, pero no faltan las coloraciones vistosas. Las antenas tienen normalmente 11 segmentos y son relativamente cortas. Tiene cinco artejos en los tarsos anteriores y medios, y cuatro en los posteriores (fórmula tarsal 5-5-4, raramente 4-4-4); las antenas se insertan bajo un saliente lateral de la frente. El abdomen tiene 5 esternitos visibles, los tres primeros unidos e inmóviles. Los élitros presentan usualmente costillas longitudinales. Muchas especies poseen glándulas defensivas en el abdomen que producen secreciones repugnatorias de carácter defensivo. Las larvas son cilíndricas y están bien esclerotizadas.

MUESTRA 16**Clase: INSECTA****Orden: Diptera****Características**

Los dípteros (Diptera, "dos alas") son un orden de insectos neópteros caracterizados porque sus alas posteriores se han reducido a halterios, es decir, que poseen sólo dos alas membranosas y no cuatro como el resto de los insectos; su nombre científico proviene de esta característica. El segundo par de alas, está transformado en balancines o halterios que funcionan como giróscopos, usados para controlar la dirección durante el vuelo.

MUESTRA 16**Clase: CLITELLATA****Orden: Lombricus****Familia: Lombricidae****Características**

Cabe destacar que el nombre de lombriz se aplica a otros invertebrados vermiformes sin relación alguna con los anélidos, como las lombrices intestinales (tenias, pertenecientes a los platelmintos y *Ascaris lumbricoides* del filo de los nematodos. Las lombrices más conocidas excavan galerías en el suelo y salen de noche a explorar sus alrededores. Son animales muy beneficiosos. Mientras excavan para hacer sus túneles, ingieren partículas de suelo y digieren cualquier resto orgánico.

En épocas húmedas, arrastran hojas al interior de la tierra para alimentarse. Con ello remueven, airean y enriquecen el suelo, contribuyendo a que se mantenga fértil al hacer ascender fósforo y potasio del subsuelo y al expulsar sus propios desechos nitrogenados. La época más propicia para las lombrices es cuando el clima es húmedo y cálido, momento en el que salen a la superficie para procrear. Las lombrices son hermafroditas ya que poseen órganos reproductores masculinos y femeninos. Es muy voraz, llegando a comer hasta el 90% de su propio peso por día. De esta ingesta, excreta entre el 50 y 60% convertido en un nutriente natural de altísima calidad, conocido como lombricompuesto o humus de lombriz. La lombriz de tierra no tiene dientes; su efectividad reside en su aparato digestivo para lo cual tiene un aparato bucal succionador, faringe, buche, molleja y el resto es intestino.

MUESTRA 17**Clase: Arachnida****Orden: Pseudoscorpionida****Características**

Los pseudoscorpiones pasan inadvertidos porque, aunque ubicuos, no son abundantes, y por su pequeño tamaño, que nunca sobrepasa los 8 mm y se mantiene más a menudo en torno a los 2 mm. La coloración suele presentar tonos rojizos o amarronados; a veces son de colores muy oscuros, incluso negros. Como en el resto de los arácnidos, el cuerpo cuenta con dos regiones o tagmas, el prosoma o cefalotórax, y el opistosoma o abdomen. El prosoma está cubierto por un caparazón duro en la región dorsal y por las coxas de los apéndices en la zona ventral. En el prosoma se localizan un número variable de ojos, que van desde ninguno (en las especies cavernícolas normalmente) hasta dos pares. La visión de estos seres es muy defectuosa y probablemente sólo sean capaces de diferenciar la luz de la oscuridad, sin llegar a ver imágenes. Como en todos los demás arácnidos, las patas locomotoras, los quelíceros y los pedipalpos se insertan en el prosoma.

MUESTRA 18**Clase: INSEPTA****Orden: Siphonaptera****Características**

Las pulgas son insectos pequeños (de 1,5 a 3,3 mm de largo) sin alas, muy ágiles, de color generalmente oscuro (por ejemplo, la pulga de los gatos es de color rojizo-parduzco), que cuentan con un mecanismo bucal de tubos especialmente adaptado para poder alimentarse de la sangre de sus huéspedes. Tienen el cuerpo comprimido lateralmente, lo que les permite desplazarse con facilidad entre los pelos o plumas del huésped. Tienen las patas largas y las traseras están adaptadas para el salto, que puede ser de hasta 18 cm en dirección vertical y 33 cm en dirección horizontal. Esto representa una distancia de hasta 200 veces su propia longitud, lo que convierte a las pulgas en el mejor saltador entre los animales en relación con su tamaño corporal. El cuerpo de la pulga es duro, pulido, y está cubierto con muchos pelos y espinas cortas dirigidas hacia atrás.