

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA DE LOS
RECURSOS NATURALES RENOVABLES



EFFECTO DE LOS SISTEMAS DE USO EN LOS MACRO INVERTEBRADOS
DEL SUELO BAJO CINCO CONDICIONES EN EL DISTRITO DE RUPA
RUPA

Tesis

Para optar al título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
MENCIÓN: CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

REÁTEGUI ROMERO, HEYDIN

PROMOCIÓN 2008 - I

Tingo María - Perú
2009

P34

R31

Reátegui Romero, Heydin

Efecto de los Sistemas de uso en los Macro Invertebrados del Suelo Bajo Cinco Condiciones en el Distrito de Rupa Rupa. Tingo María, 2009

65 h.; 24 cuadros; 12 fgrs.; 30 ref.; 30cm.

Tesis (Ing. Recursos Naturales Renovables Mención: Conservación de Suelos y Agua) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Recursos Naturales Renovables.

MACROFAUNA – SUELO / INVERTEBRADOS / METODOLOGÍA / DENSIDAD – BIOMASA / DIVERSIDAD / COMUNIDAD / TINGO MARÍA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUÁNUCO / PERÚ.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María – Perú



FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 16 de febrero de 2009, a horas 07:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para calificar la tesis titulada:

“EFECTO DE LOS SISTEMAS DE USO EN LOS MACRO INVERTEBRADOS DEL SUELO BAJO CINCO CONDICIONES EN EL DISTRITO DE RUPA RUPA”

Presentado por el Bachiller: **HEYDIN REATEGUI ROMERO**, después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobado con el calificativo de **"MUY BUENO"**.

En consecuencia el sustentante queda apto para optar el **Título de INGENIERO en RECURSOS NATURALES RENOVABLES**, mención **CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título correspondiente.

Tingo María, 18 de febrero de 2009

.....
Ing. M.Sc. JOSE LEWANO CRISOSTOMO
Presidente

.....
Bfga. MARIELA MORILLO ALVA
Vocal

.....
Ing. JAIME TORRES GARCIA
Vocal



.....
Ing. M.Sc. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Asesor

.....
Ing. NELINO FLORIDA ROFNER
Co asesor

DEDICATORIA

A Dios el todo poderoso; a mi mamá **Raynelda** que desde el cielo ilumina mi camino a mi papá **Enario** el propulsor de mis metas e ideales a su esposa mi segunda madre **Juanita** por su incesante apoyo y comprensión. Quienes hicieron posible lograr mi profesión, a ellos con el amor y cariño de siempre mi eterno agradecimiento.

A mi tía **Amalia** por su afecto, y apoyo desinteresado. A mis abuelas **Marcela** y **Mercedes** y a toda mi familia con gratitud y respeto.

En memoria de mi querida Mamá **RAYNELDA** y mis Abuelos **JOSE** y **CESAR**

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en la culminación del presente trabajo, entre ellos:

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por la oportunidad de lograr mi formación profesional.
- A mi patrocinador Ing. M.Sc. Lucio, MANRIQUE DE LARA SUAREZ, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- A mi Co-patrocinador Ing. Nelino, FLORINDA ROFNER, docente de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Nacional Agraria de la selva.
- A los miembros integrantes del Jurado de Tesis: Ing. Jaime Torres Garcia, Ing. M.Sc. José Lévano Crisóstomo a la Blgo. Mariela Morillo Alva.
- Al Blgo. Edilberto, Chuquilin Bustamante, por su apoyo en la revisión y redacción de la tesis.
- A mis amigos, Marco Ríos, Harrinton Villanueva, Daniel Vásquez, Jorge Ríos, Robert Guzmán, Selva del Pilar, Marianella Del Aguila, Karin Sheyla, Lindsay Trujillo, Teddy Saavedra, Ely Genoveva, Wheetney Estefanny y los chicos de la quinta los Delfines, entre otros que me brindaron su apoyo físico y moral.
- A todas las personas que apoyaron directa e indirectamente e hicieron posible la ejecución de la tesis.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.	
II. REVISIÓN DE LITERATURA.	
2.1. Macrofauna del suelo.....	3
2.2. La presencia de la macrofauna en el ambiente.....	4
2.3. Sistemas de uso del suelo y densidad de la macrofauna.....	5
2.4. Macrofauna y sostenibilidad agrícola y ambiental.....	6
2.5. Biomasa de la macrofauna según sistemas de uso.....	7
2.6. La mesofauna del suelo.....	8
2.7. Diversidad de organismos.....	13
2.8. Diversidad de la macrofauna según sistemas de uso.....	15
2.9. Distribución vertical de macro invertebrados en el suelo.....	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS.	
3.1. Descripción general de las zonas de estudio.....	
3.1.1. Ubicación política y geográfica.....	18
3.1.2. Clima.....	18
3.1.3. Geología y suelos.....	18
3.1.4. Vegetación y sistema de uso.....	20
3.1.4.1. Suelo con cultivo de cacao.....	20
3.1.4.2. Bosque secundario (Bosque Reservado - UNAS).....	20
3.1.4.3. Suelo con cultivo de pasto (Pastizal UNAS)...	21
3.1.4.4. Suelo con cultivo de café.....	22
3.1.4.5. Suelo degradado (Ex – Cocal).....	23
3.2. Materiales y equipos.....	24

3.3. Variables en estudio.....	25
3.4. Metodología.....	26
3.4.1. Metodología para determinación de variables en estudio...	26
3.4.1.1. Densidad (Abundancia).....	26
3.4.1.2. Biomasa.....	26
3.4.1.3. Índice de diversidad de macrofauna.....	26
3.5. Metodología para el muestreo de los macro invertebrados.....	27
3.6. Metodología de laboratorio.....	28
3.6.1. Identificación y pesado de muestras.....	29
3.7. Análisis de datos.....	29
	30
IV. RESULTADOS	
4.1. Suelos y su sistema de uso.....	
a. Suelo con cultivo de cacao.....	32
b. Suelo del bosque secundario (Bosque reservado UNAS).....	32
c. Suelo con cultivo pasto (Pastizal UNAS).....	33
d. Suelo con cultivo de café.....	33
e. Suelo degradado (Ex – Cocal).....	34
4.2. Macro invertebrados del suelo.....	34
4.2.1. Densidad.....	35
4.2.2. Biomasa.....	35
4.2.3. Índice de diversidad.....	37
4.3. Análisis estadístico.....	38
4.3.1. Relación entre sistema de uso del suelo y macro invertebrados.....	39
V. DISCUSIÓN.....	52
VI. CONCLUSIONES.....	56
VII. RECOMENDACIONES.....	57
VIII. ABSTRAC	58

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	60
X. ANEXO.....	65
A. Datos de muestreo por sistema de uso – Determinación de biomasa y densidad	
B. Determinación de riqueza de especies, índice de diversidad y equidad de los macro invertebrados del suelo por sistema de uso	
C. Imágenes de unidades encontradas	
D. Panel fotográfico	

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro:	Página.
1. Clasificación funcional de la macrofauna.....	4
2. Actividades de la fauna del suelo en el proceso de descomposición y la estructura del suelo.....	10
3. Ubicación de áreas de estudio.....	18
4. Análisis fisicoquímicos de los suelos.....	30
5. Resultado de análisis de suelo de cacao: Textura, pH y M.O%.....	32
6. Resultado de análisis de suelo de BRUNAS: Textura, pH y M.O%.....	33
7. Resultado de análisis de suelo de pastizal: Textura, pH y M.O%.....	33
8. Resultado de análisis de suelo de cafetal: Textura, pH y M.O%.....	34
9. Resultado de análisis de suelo degradado: Textura, pH y M.O%.....	34
10. Unidades taxonómicas encontradas en cada sistema de uso.....	38
11. Riqueza de especie, índice de diversidad y equitatividad de los macroinvertebrados del suelo.....	39
12. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey totalizada.....	40
13. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Isopoda.....	42
14. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Chilopoda.....	43
15. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Oligochaeta.....	43
16. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Hymenoptera...	44
17. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Isoptera.....	45
18. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Huevos de lombriz...	46
19. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Hymenoptera.....	46
20. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Blattaria.....	47
21. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Orthoptera.....	48
22. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Dermaptera.....	49

23. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Coleoptera.....	49
24. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey Gasteropoda.....	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura:	Página.
1. Clasificación del tamaño de fauna de los suelos.....	11
2. Plano de ubicación de zonas muestreadas.....	19
3. Suelo cultivo de cacao.....	21
4. Suelo del bosque secundario (Bosque reservado UNAS).....	22
5. Suelo con cultivo de pasto (Pastizal UNAS).....	23
6. Suelo con cultivo de café.....	24
7. Suelo degradado ex – cocal.....	25
8. Metodología de muestreo por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF,IUBS/UNESCO) programme.....	29
9. Densidad total por sistemas de uso del suelo.....	35
10. Densidad total a distintas profundidades.....	36
11. Biomasa total en gr.cm ⁻² en los sistemas de usos.....	37
12. Biomasa total en gr.cm ⁻² a distintas profundidades.....	38

RESUMEN

En la provincia de Leoncio Prado existen varios usos sistemáticos que se da al suelo, por lo que sus características biológicas varían de acuerdo a la cobertura vegetal. La macrofauna edáfica cumple una función importante como descomponedora y recicladora, mejorando la estructura o agregación del suelo a causa de los movimientos de estos (especialmente de los organismos cavadores).

El propósito de evaluar la diversidad, densidad y biomasa en cinco diferentes sistemas de uso, es el objetivo principal de la tesis, las cuales son: Cultivo de cacao, bosque secundario (Bosque reservado UNAS), pastizal (UNAS), cultivo de café y suelo degradado. Se colectó de cada sistema cinco (05) monolitos de 25 x 25 x 15 cm a lo largo de un transecto de 45 m.; la macrofauna del suelo se extrajo de forma manual con la ayuda de pinzas y colocada en alcohol al 90 %, para ser reconocidas, contabilizadas y pesadas en el laboratorio.

Se obtuvo un total de 8 656,0 indiv./m², siendo más abundantes en el sistema de uso cacaotal con 2 928,0 indiv./m², seguido del sistema de uso pastizal con 2 624,0 indiv./m² y teniendo a los sistemas de uso bosque reservado, cafetal y suelo degradado con un menor índice de individuos / m²; se encontraron 11 taxones de los cuales los más predominantes son,

Oligochaeta, Isoptera, Isópoda e Hymenoptera, encontrada en todos los sistemas y a diferentes niveles; en cuanto a la biomasa el total encontrado fue de 523.91 g./m²., registrándose el mayor peso en el sistema de uso Pastizal con 227.94 g./m². seguido del cacaotal, bosque reservado, cafetal y suelo degradado.

La mayor densidad (ind.m⁻²) se encontró en el sistema de uso de suelo con cultivo de cacao con 2 928,0 ind.m⁻²; los mayores índices de diversidad se obtuvieron en el sistema de uso del bosque reservado (H': 1.44) lo que muestra una diversidad que se distribuye de forma equitativa.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo alberga, a un sin número de organismos vivos dentro de las cuales la diversidad y la abundancia puede ser considerada importante indicador de la fertilidad del suelo (TIAN *et al.*, 1997; TAPIA-CORAL *et al.*, 1999). En suelo habitan un gran número de invertebrados, desde ácaros y colembolos hasta isópteros, formicidos y oligoquetos, que ocupan una mayor densidad y biomasa en la Amazonía peruana y brasileña (LAVELLE *et al.*, 1992; TAPIA-CORAL *et al.*, 1999; BARROS, 1999).

La estructura y abundancia en las comunidades de la macrofauna del suelo son muy sensibles a las modificaciones de la cobertura vegetal del suelo (LAVELLE *et al.*, 1992).

El estudio de los organismos que habitan en el suelo ha conllevado a numerosas investigaciones que aún continúan por su exquisita riqueza y variedad, atraen cada vez más a personas interesadas en este tipo de estudios.

En tal sentido, el siguiente trabajo de investigación refleja en parte el interés por el estudio de los organismos que habitan en el suelo y los factores que afectan a los mismos en una dinámica funcional, buscando la

relación e influencia de un sistema de uso sobre la población de macro invertebrados del suelo, teniendo como objetivos de la tesis:

- Determinar la diversidad, densidad y biomasa de macro invertebrados bajo diferentes sistemas de uso del suelo.
- Determinar la influencia de los sistemas de uso sobre la comunidad de macro invertebrados del suelo.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Macrofauna del suelo

La macrofauna como todos aquellos organismos detectables a simple vista, de tamaño variable, que junto con otros organismos, plantas secas y residuos de origen animal, forman parte de la fracción orgánica del suelo; son denominados macro invertebrados; BURGÉS (1971); PORTA *et al.* (1999) y comprenden organismos mayores a 2 mm de diámetro y longitudes comprendidas entre 10 a 200 mm; COYNE (2000).

Los macro invertebrados, son importantes por su actividad en los procesos de depredación de microbios, modificación de la estructura del suelo, descomposición de la materia orgánica, mezclar con la tierra la materia orgánica descompuesta, a llevado a clasificarlos por su función en el suelo, JONES *et al.*(1994); estos organismos incrementan la formación de agregados, desarrollan parte o todo su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial (hojarasca y otros restos vegetales); además mejoran las propiedades físicas del suelo y definen el hábitat de esas comunidades (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación funcional de la macrofauna.

FUNCIÓN	GRUPOS
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta, Isoptera
Saprófagos	Diplopoda, Isopoda, Blattaria
Predadores	Aranea, Chilopoda, Dermaptera
Herbívoros	Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera
Larvas	De Coleoptera y Lepidoptera
Otros	Coleoptera, Gasteropoda, Pseudoescorpionidae

Ingenieros del suelo: Organismos que con sus actividades producen modificaciones en su entorno
Fuente: JONES *et al*, 1994

2.2. La presencia de la macrofauna en el ambiente

La fauna del suelo de acuerdo a su tamaño se divide en : micro, meso y macrofauna, términos que de una manera un tanto arbitraria se corresponden con invertebrados de > 0.2 mm, 0.2 - 2.0 mm y < 2.0 mm de diámetro, respectivamente (LAVELLE *et al.*, 1994).

Por su tamaño la macrofauna puede ser detectada a simple vista, sin embargo su presencia en el ambiente es mas fácilmente ubicada por las estructuras que generan a través de sus actividades, así son bien conocidos los nidos en forma de montículos que caracterizan a las termitas de algunas especies africanas, montículos que en algunos casos superan los 4 m (POMEROY, 1977; LÓPEZ- HERNÁNDEZ, 1981).

Los oligoquetos (lombrices de tierra) si bien no producen estructuras de estas características son bien conspicuos en los sitios donde se encuentran por los coprolitos que generan, también en este caso se ha señalado una influencia sorprendente sobre el paisaje ya que se han reportado

acumulaciones hasta de 200 Tn de coprolitos por Ha, lo que representa una parte apreciable de la denominada capa arable.

La fauna del suelo desempeña un papel importante en la gestión orgánica a través de sus efectos sobre la descomposición orgánica del suelo, mineralización de nutrientes y mejoría de las propiedades físicas del suelo (MERLIM *et al.*, 2005).

Cabe destacar que muchas de las estructuras resultantes de la actividad de la pedofauna no son directamente visibles, por tratarse de estructuras en forma de galerías y caminos subterráneos que construyen tanto lombrices como termitas; de manera tal que la influencia, que la pedofauna ejerce sobre los ecosistemas terrestres es mucho mayor en el radio de acción o influencia de las lombrices de tierra (drislósfera) o de las termitas (termitósfera) que la actividad directamente visible (BOYER, 1971).

2.3. Sistemas de uso del suelo y densidad de la macrofauna

La variación de la densidad de la macrofauna del suelo según sistemas de uso fue motivo de estudio desde hace no muchos años, es así que FERNANDEZ Y ALVES (1999), en un sistema de uso asociado caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) con maní forrajero (*Arachis pintoi*) Krap. & Greg., encontraron una densidad de 1 375 ind./m² y en una plantación de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) una población de 1 248 ind./m².

Del mismo modo, TAPIA-CORAL (2004), manifiestan haber registrado, en un trabajo realizado en Loreto, Perú, sistema de uso bosque secundario, 2 281 individuos por metro cuadrado, en una plantación forestal, 3 702 individuos y en una plantación de cedro (*Cedrelinga catenaeformis*) 2 176 individuos y en un bosque primario, 2 482 individuos.

Del mismo modo, PASHANASI (2002), en la región Ucayali, Perú, en un bosque primario no intervenido e intervenido, registró una densidad de 382 y 853 ind./m², respectivamente y un promedio de 313 ind./m² en un bosque secundario, variando en un sistema agroforestal de 512 a 2651 ind./m².

El mismo autor en Yurimaguas, Perú encontró en un bosque primario 446 ind./m² y en un bosque secundario 454 ind./m², así mismo, la mayor densidad de orthoptera (19 ind./m²), de diplopoda (78 ind./m²) y oligochaeta (115 ind./m²), correspondió a un bosque secundario, en tanto en un bosque primario, las hormigas (749 ind./m²) fueron más abundantes y en menor densidad diplopoda (59 indiv/m²) y oligochaeta (106 indiv/m²) como indica (TAPIA-CORAL, 2004).

2.4. Macrofauna y sostenibilidad agrícola y ambiental

Un buen suelo agrícola siempre ha sido relacionado con la abundante presencia de aquellos componentes de la macrofauna subjetivamente considerados como benéficos, nos referimos en este caso básicamente a las lombrices de tierra (las termitas de manera general son consideradas por los agricultores como plagas), de manera tal que al ser

escasa la población de oligoquetos disminuye la valoración subjetiva de esa "fertilidad".

Análisis más rigurosos han confirmado esa suposición, encontrándose que las prácticas agrícolas de altos insumos, ahora consideradas como insostenibles tienden, entre otros daños ambientales, a eliminar la biomasa y la diversidad en la población de oligoquetos (LAVELLE *et al.*, 1994, DECAËNS *et al.*, 1994).

En el caso de las termitas, la alteración del ecosistema natural para fines agrícolas induce cambios también drásticos, puesto que el laboreo y otras prácticas eliminan radicalmente las comunidades de estos organismos.

Tal situación es natural que ocurra aun bajo una agricultura de corte conservacionista (labranza reducida o cualquiera de estas modalidades).

Alteraciones en la macrofauna edáfica pueden ocurrir en función al uso de la tierra, de modificaciones no ambientales, de preparación de cultivo de suelo y de adición de materia orgánica (BARETTA *et al.*, 2003, 2006, 2007), ocasionando efectos benéficos y/o perjudicial para la fauna epigea (ALVES *et al.*, 2006).

2.5. Biomasa de la macrofauna según sistemas de uso

Con respecto a la biomasa, PASHANASI, (2001), en un trabajo realizado en Yurimaguas-Perú, encontró en un bosque primario no intervenido 84.9 g./m² y en uno intervenido, 91.1 g./m², en un sistema de cultivos la

biomasa variaba entre 5.1 a 30.5 g./m² y en un suelo con pastizal, la biomasa fluctuaba entre 38.4 g./m² y 165.9 g/m².

TAPIA- CORAL (2004), encontró que la biomasa total de macro invertebrados en un bosque secundario de la región Loreto era de 24.2 g./m², a su vez, MARIN (2003), en un cacaotal encontró una biomasa de 54 g./m².

2.6. La mesofauna del suelo

La mesofauna de la tierra presenta un diámetro corporal entre 100 um y 2 mm y comprende los Ácaros, los Colembolos, los Miriápodos, los Arácnidos y diversos insectos, algunos Oligoquetos y los Crustáceos (CORREIA y de OLIVEIRA, 2000).

Este sistema de organismos, aunque son extremadamente dependientes de la humedad del suelo, son de características terrestres. Las actividades tróficas de estos animales de tal manera incluyen en el consumo de los microorganismos y de la macrofauna, así como la descomposición del material vegetal.

Conforme a estudios de LIMA *et al.*, (1997), las áreas orgánicas presentan expresiva diversidad biótica tanto no que se refiere a las plantas cultivadas como las nativas y a fauna benéfica, esta última estimulada por total ausencia de agrotóxicos, constatada la presencia abundante de organismos pertenecientes a macro y mesofauna del suelo. BARROS *et al.*, (2002)

muestran que los macro invertebrados (macrofauna) son indicadores sensibles al uso y manejo de suelos, corroborando todo lo planteado.

Los animales de la macrofauna o "megafauna" de diámetro corporal en el suelo comprenden 2 mm y 20 mm; pueden pertenecer a casi todas las órdenes encontradas en mesofauna, excepto Ácaros, Colembolos, Proturos y Dipluros. Sobre 20 mm de diámetro corporal, de los invertebrados del suelo pertenecen a la categoría de megafauna, compuesta para una cierta especie de Oligoquetos, Diplópodes, Quilópodes y de Coleopteros. Estas categorías tienen como funciones principales la descomposición de restos vegetales y animales, la modificación de la estructura del suelo, con la actividad de producir poros y la producción de Coprólitos.

Para el hecho de la fauna del suelo para contener una gran variedad de formas, las funciones de los tamaños, tienen tentativas diversas aparecidas de clasificaciones y de agrupaciones. La clasificación del Cuadro.1 tiene como criterio principal el diámetro corporal, este presenta una cierta relación con el diámetro de la pipa digestiva y del dispositivo bucal.

Estas medidas alternadamente, determinan ese tipo de recurso alimenticio y que el potencial de consumo de un animal de la fauna del suelo. Siendo así, uno no cuenta con que un integrante de la microfauna sea capaz de triturar los desechos orgánicos, así como no es probable que un animal de la macrofauna, como un Diplópode depende solamente de los microorganismos para su dieta.

Otras clasificaciones buscan entender la funcionalidad de la fauna en el suelo, usando otros criterios. Es el caso de la oferta de la clasificación se considera su ocurrencia en el ambiente de la tierra, incluyendo el mineral de los horizontes orgánicos (CORREIA y de OLIVEIRA, 2000).

Por una parte, existen investigaciones sobre la estructura y el comportamiento de las poblaciones en relación a los factores microambientales, y por otra, consideraciones del efecto de estas poblaciones sobre el microambiente, particularmente relacionadas con la circulación de materia y energía por el sistema suelo – vegetación.

En términos más sencillos, supone un estudio de la acción en una comunidad compleja (CORREIA y de OLIVEIRA, 2000).

Cuadro 2. Actividades de la fauna del suelo en el proceso de descomposición y la estructura del suelo.

Categoría	Reciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
Microfauna (4 um – 100 um)	<ul style="list-style-type: none"> Regulan las poblaciones de bacterias y hongos. Influyen el reciclaje de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microflora.
Mesofauna (100 um – 2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> Regulan las poblaciones de los hongos y la microfauna. Influyen en el reciclaje de nutrientes. Fragmentan detritos vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> Producen gránulos fecales. Crean bioporos. Promueven la humificación.
Macrofauna (2 mm – 20 mm)	<ul style="list-style-type: none"> Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna. Estimulan las actividades microbianas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mezclan partículas orgánicas y minerales. Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos. Promueven la humificación. Producen gránulos fecales.

Fuente: CORREIA y de OLIVEIRA, 2000

Donde:

um : micras

mm : milímetros

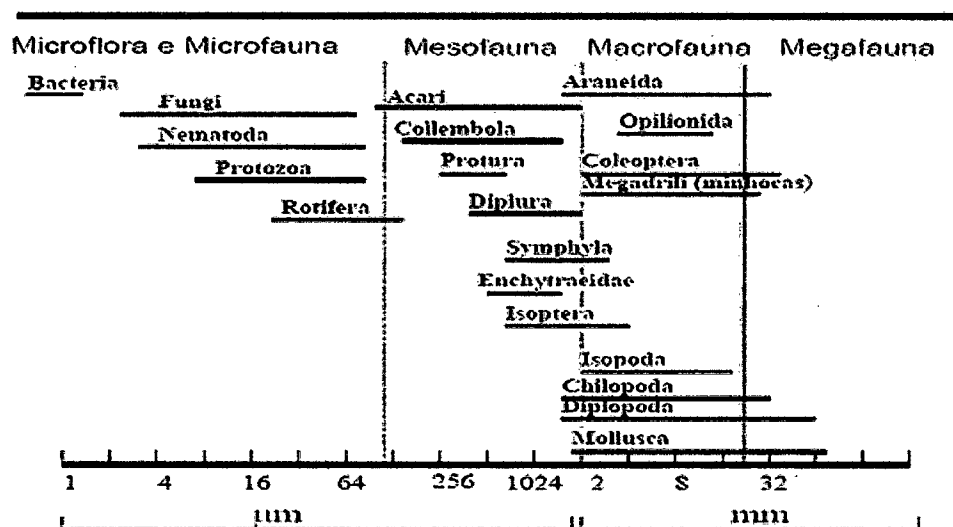


Figura 1. Clasificación del tamaño de fauna de los suelos.

Fuente: Clasificación del tamaño de la biota del suelos (SWIFT, 1979; citado por CORREA y OLIVEIRA, 2000)

La adición de cubiertas del suelo puede aumentar la infiltración considerablemente, para reducir la evapotranspiración y la pérdida de sustancia orgánica de la tierra, más allá de estimular a las comunidades microbianas.

Un aumento en la disponibilidad de la energía asociada a la existencia de los hábitats nuevos favorables a colocar, contribuye virtualmente para un aumento de la densidad y de la diversidad de todos los grupos de la fauna del suelo en la práctica de la dirección se ha considerado como uno de la llave de los procesos para el mantenimiento de la estructura y la fertilidad del suelo tropical.

Los organismos pueden contestar de manera distinguida al uso de cubiertas, de acuerdo con los hábitos de las diversas especies. Los que habitan la superficie del suelo, sin duda alguna, serán afectados positivamente por el

uso de cubiertas, mientras que las que se localizan más profundamente en el perfil contestarán más favorable a la incorporación de los residuos del suelo (Fraser, 1994; citado por CORREIA y DE OLIVEIRA, 2000).

WARDLE (1995), citado por CORREIA y de OLIVEIRA (2000), encontró que una serie de grupos de macrofauna, especialmente Coleopteros de los Estafilínídeos, había contestado positivamente a la cubierta de hojarasca, aumentando considerablemente sus densidades, es importante que si se considera, en caso del uso de los materiales orgánicos de las cubiertas.

TIAN (1993), citado por CORREIA y de OLIVEIRA (2000), comprobó que, en términos de densidad, 4 grupos importantes de macrofauna en el uso de residuos de diversos orígenes. Mientras que los gusanos y las termitas habían contestado positivamente a cualquier tipo de cubierta, las hormigas habían tenido sus densidades crecientes solamente con residuos de *Gliricidia* y de *Leucena* (CORREIA y de OLIVEIRA, 2000).

Con respecto al uso de cubiertas vivas, LIANG y HUANG,(1994), citado por CORREIA y de OLIVEIRA (2000), encontraron una densidad y una diversidad más grande de los depredadores de Ácaros en las huertas en donde la hierba dañina no había sido quitada. Según CORREIA y de OLIVEIRA (2000) el porcentaje más grande de depredadores puede ser un instrumento eficiente para el control de plagas, sugiriendo que el efecto de una comunidad de los invertebrados de la tierra más diversa y abundante excede los límites del suelo.

2.7. Diversidad de Organismos

Al igual que ocurre en la mayoría de los ecosistemas, la diversidad faunística disminuye a medida que se profundiza en el perfil del suelo (ARÉVALO 1997; CAMERO 2002; RODRÍGUEZ 2004); no obstante, la diversidad presenta valores distintos tanto en la hojarasca como en el horizonte B.

En el estrato rasante (A) la diversidad fue mayor que en el bosque nativo con respecto al bosque de coníferas, y para los horizontes B, la diversidad fue mayor en el bosque de coníferas, que en el bosque nativo. Este tipo de comportamiento, donde la diversidad aumenta en algunos horizontes de los bosques de coníferas con respecto a los horizontes de los bosques nativos utilizados como referencia, fue encontrado también en trabajos realizados en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia (CAMERO 2005).

PRIETO *et al.*, (1999), indican que del total de individuos, el mayor porcentaje corresponde a los ácaros debido a la notable contribución de los Oribátidos a los valores de la abundancia relativa. El predominio numérico (13 653 ind/m²) corresponde con los resultados registrados en la mayoría de los suelos.

El segundo lugar lo ocupan los Colémbolos cuya densidad promedio, 3 975 ind./m², es relativamente baja, aunque se encuentra dentro del ámbito registrado para las selvas tropicales. A pesar de que a los Colémbolos le siguen los Paurópodos, el valor promedio de densidad para este grupo sólo

alcanza 128 ind./m². Se evidencian diferencias altamente significativas entre muestreos, parcelas y estratos.

En julio el valor promedio de la densidad (434 125 ind./m²) es tres veces superior al registrado en época de seca (142 450 ind./m²) y representa una marcada diferencia que la registrada por ADIS *et al.*,(1989), citado por PRIETO (1999), comparan estacionalmente la abundancia de Artrópodos edáficos en una selva de Manaus, Brasil.

PRIETO *et al.*,(1999), indican que el efecto de la humedad se manifiesta en la dinámica de las poblaciones microbianas que constituyen recursos alimentarios para una gran parte de los invertebrados edáficos. REDDY y VENKATAIAH (1990); citado por PRIETO (1999), señalan que Ácari, Collembola, Protura, Pauropoda y Psocóptera responden positivamente a cambios en los niveles de humedad, aunque otros factores pueden estar también involucrados.

El análisis de la distribución vertical evidenció migraciones de los organismos atribuibles igualmente a las condiciones ambientales y disponibilidad de recursos.

En el muestreo de marzo se observó que las comunidades se concentraron de modo notable en el suelo y más del 50 % de los ejemplares colectados en la hojarasca de ambas parcelas fueron Ácaros Oribátidos, lo cual pudiera explicarse porqué ciertos representantes de este grupo son resistentes

al efecto negativo provocados por las condiciones xéricas del sustrato (PRIETO, 1999).

La ausencia de Colémbolos en la parcela II en el muestreo de marzo corrobora el señalamiento de que los Colémbolos son más sensibles que los Ácaros a un déficit de agua disponible en el suelo, de ahí la notable diferencia entre la relación ácaros/Colémbolos en marzo ($Ac/Co = 37.12$) y en julio ($Ac/Co = 2.45$).

Esta relación ha sido utilizada como indicadora de inestabilidad en el ambiente (ASIKIDIS y STAMOU, 1991; SERRA *et al.*, 1992; citado por PRIETO, 1999).

A la inversa, en época de lluvia las poblaciones de la mayoría de los grupos se concentraron en la hojarasca de modo que las densidades registradas en el suelo no difieren significativamente en marzo y julio.

En un estudio sobre comunidades de Colémbolos, atribuyen resultados similares a la retención del agua de las precipitaciones en la hojarasca lo que retarda su paso al suelo (PRIETO, 1999).

2.8. Diversidad de la macrofauna según sistemas de uso

PASHANASI (2001), en un trabajo desarrollado en Yurimaguas, encontró 26 unidades taxonómicas (ut) en un bosque primario no intervenido y 25 (ut), en un bosque intervenido, en un sistema de uso de cultivos de 15 a 21 (ut), en terreno de pastizal registró 18 (ut) En otro ámbito geográfico, VARGAS

(2002), en Tingo María registró 12 órdenes de macroinvertebrados en un suelo con leguminosas rastreras y 4 órdenes en un terreno degradado. Ecosistemas forestal y agroforestal ubicados en Embu-Kenya, MWANGI (2004), registró 453 grupos y órdenes.

Formicidas, oligochaetas y coleopteros, fueron encontrados en un bosque primario no intervenido; a su vez, oligochaetas, isopteras y formicidas fueron encontrados en un bosque primario intervenido (PASHANASI, 2001).

FERNANDEZ (2002), encontró que los macroinvertebrados predominantes en cultivos de maracuyá, *Arachis pintoi*, *Saccharum officinarum* "caña de azúcar", *milho-carep* y bosque secundario son formicida, collembola, saprofitos, isopoda, diplopoda coleoptera y aranea. TAPIA-CORAL (2004), registró 2 459 ind./m² de isoptera en una plantación de Cedrelinga y como grupos predominantes en todos los sistemas isoptera y formicidae.

2.9. Distribución vertical de macro invertebrados en el suelo

La mayor densidad poblacional de la macrofauna del suelo se presenta en el estrato superficial, entre 0 y 10 cm WELLINTON (1995), del mismo modo Gill, citado por WELLINTON (1995), encontró que los factores físicos del ambiente como la humedad, temperatura y hojarasca en el suelo fueron más importantes en la determinación de la distribución vertical y de la abundancia de los macroinvertebrados.

En los suelos se presenta una disminución gradual de la densidad de la macro fauna conforme se incrementa la profundidad, sin embargo hay algunos grupos más abundantes en los niveles más profundos del suelo, Merino citado por WELLINTON (1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción general de las zonas de estudio

3.1.1. Ubicación política y geográfica

El presente trabajo se realizó en cinco diferentes sistemas de uso del suelo ubicados dentro de la jurisdicción del distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, en el departamento de Huánuco (figura 2); geográficamente los sistemas de uso están ubicados en las coordenadas siguientes:

Cuadro 3. Ubicación de áreas de estudio

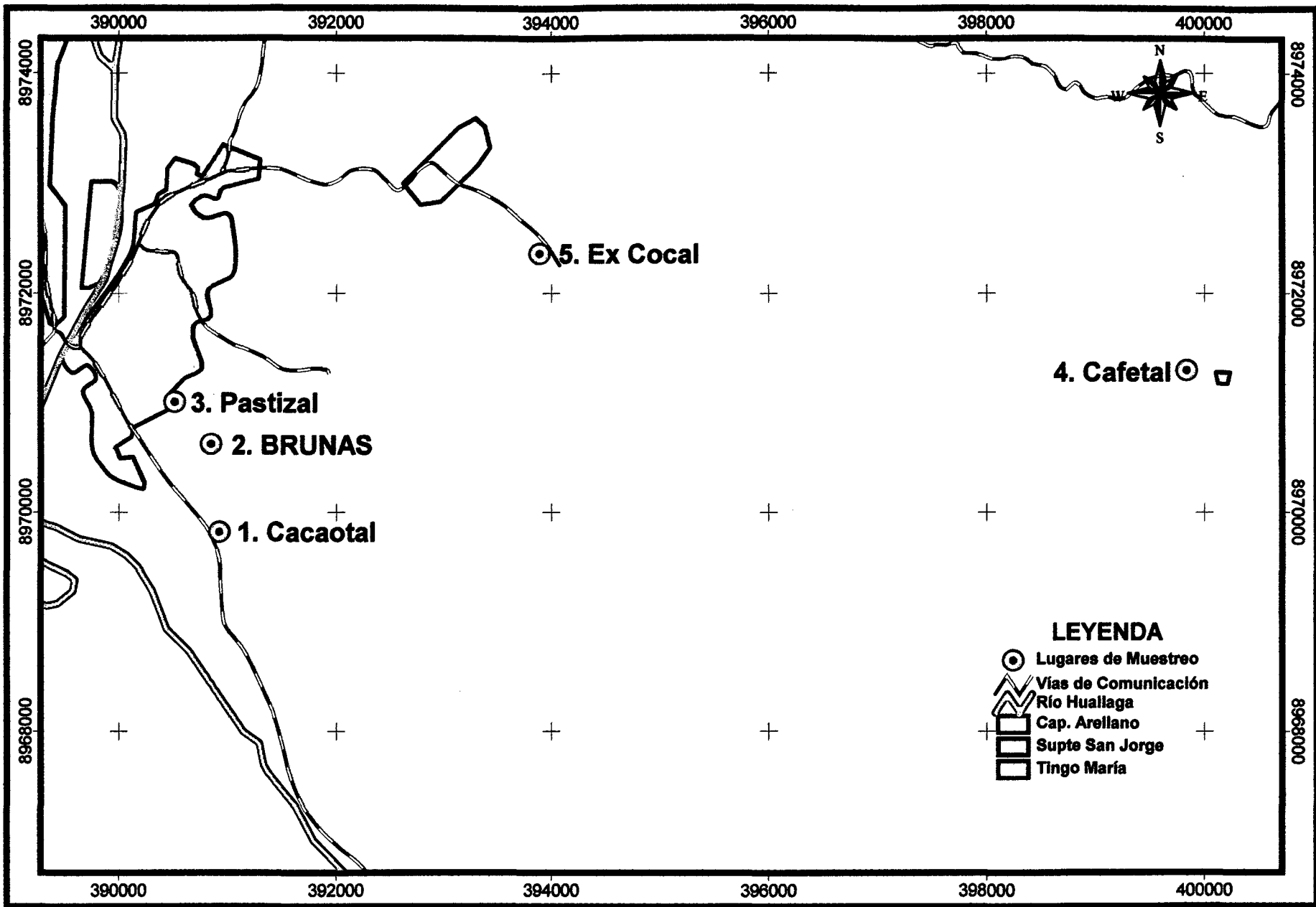
LUGAR	E	N
Suelo con cultivo de cacao	390 922	8 969 819
Suelo del bosque secundario (Bosque reservado UNAS)	390 847	8 970 621
Suelo con cultivo de pasto (Pastizal UNAS)	390 515	8 971 009
Suelo Con cultivo de café	399 838	8 971 298
Suelo degradado (Ex cocal)	393 893	8 972 360

Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Climatología

La provincia de Leoncio Prado se ubica según las Zonas de Vida en, un bosque muy húmedo subtropical (bmh- st) entre los 660 msnm; es decir, presenta un clima cálido húmedo con una temperatura media anual de 24.5 °C. La humedad relativa media anual es cercana al 80 %, la precipitación media anual de 3300 mm. Considerando los meses de octubre hasta abril como épocas lluviosas, cabe resaltar que la recolección de muestras del presente trabajo de investigación se realizó en los meses de abril – agosto 2008.

Figura Nº 02 Plano de Ubicación de Zonas muestreadas



3.1.3. Geología y suelos

La provincia de Leoncio Prado presenta suelos de protección y de producción forestal, considerando su capacidad de uso mayor, se pueden observar suelos con aptitud para cultivos permanentes y en limpio.

De acuerdo a su origen se pueden clasificar en: suelos aluviales recientes en terrazas bajas, suelos coluviales en terrazas más altas.

El relieve es accidentado, donde los terrenos planos ocupan el 5 % de su área total. El resto se caracteriza por pendientes inclinadas y relieves de gran magnitud, sujetos a constantes derrumbes durante el periodo de lluvias.

3.1.4. Vegetación y usos

La Vegetación que presentan las zona de estudio están marcadas básicamente por el uso al que están sometidas, puesto que el reconocimiento de la vegetación fue fundamental para la clasificación de los lugares donde se desarrollo el muestreo, a criterio y definición del autor del presente proyecto, teniendo como sistemas de usos los siguientes:

3.1.4.1. Suelo con cultivo de cacao

Suelo dedicado hace aproximadamente 20 años al cultivo de "cacao" (*Theobroma cacao*) con una diversa variedad de especies ya que la misma unidad muestral se encuentra en el banco de Germoplasma

de la Universidad Nacional Agraria de la Selva encargada de mejorar y adaptar especies de cacao en esta zona del trópico.

La vegetación en los alrededores es propia de un bosque con intervención del hombre, notándose árboles maderables como cedro, caoba y moena; presenta suelo con textura franco arenoso (Figura 3).



Figura 3. Suelos con cultivo de cacao.

3.1.4.2. Suelo del bosque secundario (Bosque reservado UNAS)

Se encuentra vegetación variada propia de un bosque secundario, observándose una vegetación abundante cubierta de epífitos (musgos, helechos, bromelias, orquídeas, etc.) acompañados de especies

forestales (moenas, caobas, lupunas, cedros, etc.) y arboles de menor tamaño, propias de un bosque con intervención del hombre.

Presenta una textura franco arcillo arenosa en las primeras capas, según su capacidad de uso mayor (FAO) es un área de protección la misma que guarda sus características físicas y geológicas de un bosque sub tropical. (Figura 4).



Figura 4. Suelo del bosque reservado UNAS.

3.1.4.3. Suelo con cultivo de pasto (Pastizal UNAS)

Él área de estudio presenta un cultivo de pastos encontrándose especies tales como *Brachiaria Decumbens* (*Brachiaria decumbens*), *Torourco* (*Paspalum conjugatum*) y algunas especies de Guayaba (*Psidium guajava*), él área es utilizada por facultad de Zootecnia, quien viene

manejando este cultivo por un espacio aproximado de 10 a 15 años; presenta un relieve accidentado con pendientes mayores de 10 %.

Presenta una textura franco arcillo arenosa, a simple vista se puede notar la compactación a causa del pastoreo que se da en esta área perdiéndose dicha propiedad física, presenta también árboles, arbustos y bambú en su gran mayoría como parte de la vegetación. Según la capacidad de uso mayor (FAO) esta área es de protección (Figura 5).

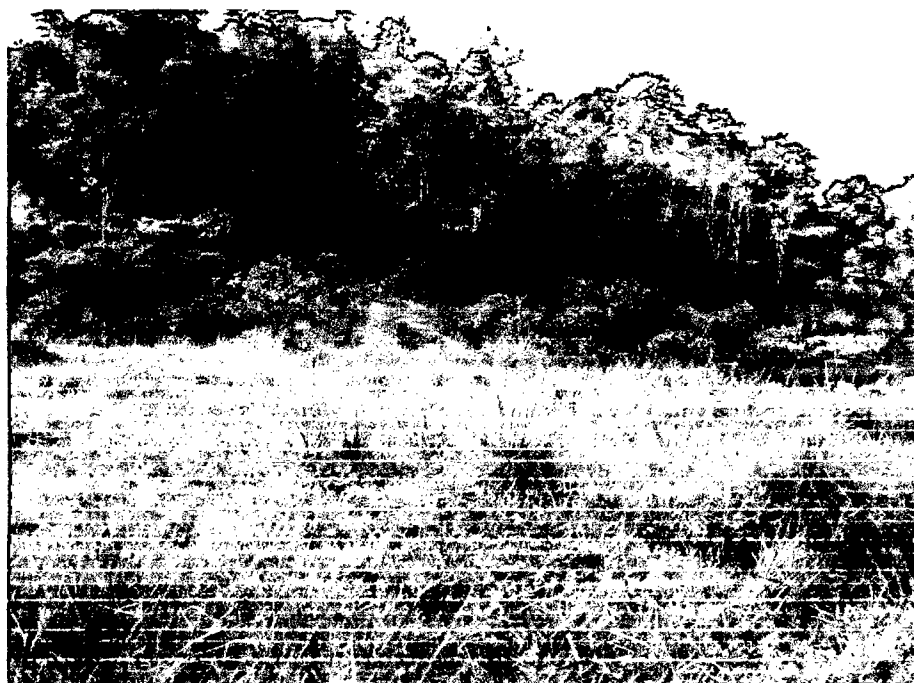


Figura 5. Suelo con cultivo de pasto

3.1.4.4. Suelo con cultivo de café

El Cultivo predominante es el café (*Coffea arabica* L.) en asociación con el cultivo de guaba (*Inga coccleensis*), el tipo de vegetación que muestra es de doble propósito, ya que la guaba da sombra al café y al mismo tiempo sirve de leña para los agricultores, la vegetación en los alrededores es propia de zonas de cultivo en su mayoría cacao y café ya que

es una zona de llanura con un pequeño porcentaje de pendiente no mayor al 10 %.

El suelo presenta una textura franco arcillosa en los 30 primeros centímetros de capa de suelo, la misma que se pudo comprobar al momento de realizar los muestreos y las extracciones de los monolitos. (Figura 6).

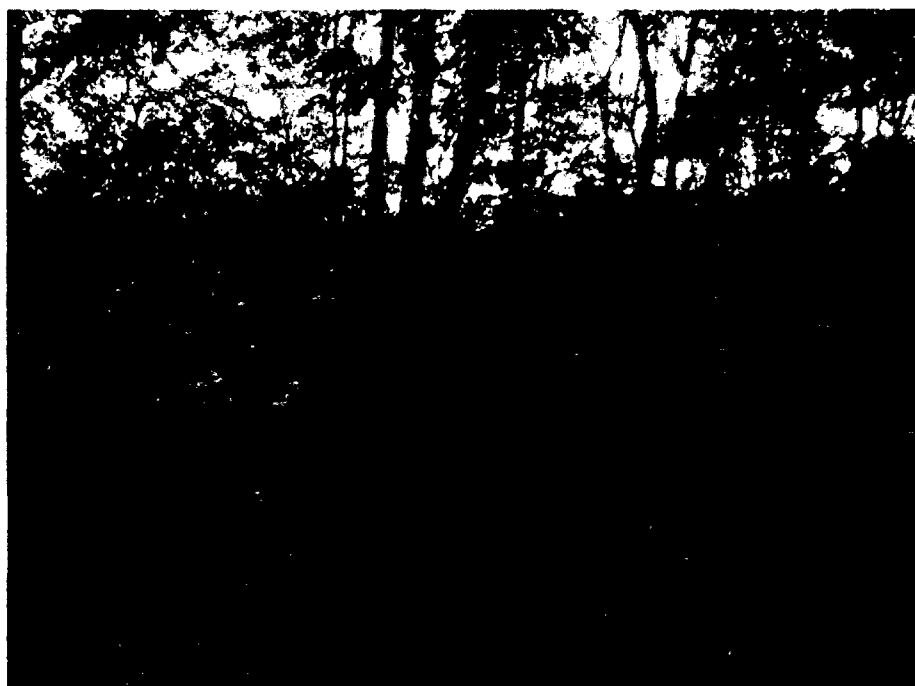


Figura 6. Suelo con cultivo de café.

3.1.4.5. Suelo degradado (Ex cocal)

Suelo de textura superficial arcillosa; con escasa vegetación dentro de las cuales la más predominante es la "macorilla sp" seguida de "rabo de zorro" en menor proporción, sembradas con fines de recuperación de igual forma encontrándose también a los alrededores algunas

especies de leguminosas (pasto), y a los alrededores purma en proporciones bajas.

La superficie de este suelo fue degradado físicamente notándose a simple vista por su dureza, indicando que es compacto y restrictivo para la penetración del agua y las raíces. Esto queda confirmado por las características químicas como acidez, baja infiltración entre otros. (Figura 7).



Figura 7. Suelo degradado por cultivos de coca.

3.2. Materiales y equipos

Dentro los materiales utilizados, podemos considerar al muestreador de metal (cuadrado con dimensiones de 25 cm de lado y 5 cm de alto), la pala recta, wincha, regla de 60 cm entre otros; la utilización de

materiales de laboratorio tenemos al estereoscopio, lupa de aumento, placas petri, pinzas, vaso de precipitación; así como las soluciones de alcohol al 90 % y formol al 5 % y recipientes colectores de cada muestra de suelo a distintas profundidades.

3.3. Variables en estudio

- Densidad de la macrofauna
- Biomasa de la macrofauna
- Índice de diversidad

3.4. Metodología

3.4.1. Metodología para determinar las variables de estudio

3.4.1.1 Densidad (Abundancia)

Se utilizó un cuadrado de 25 x 25 cm, lo que representa $1/16 \text{ m}^2$, los datos de las unidades de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de número de individuos por m^2 (ind./ m^2) (CORREA y OLIVEIRA, 2000).

3.4.1.2 Biomasa

Al igual que en la densidad, los datos (pesos) de cada punto de muestreo son multiplicados por 16 para obtener las unidades de gramos por m^2 (g./ m^2) (CORREA Y OLIVEIRA, 2000).

3.4.1.3 Índice de diversidad de macrofauna

Riqueza de especies (S): Es el número de especies o unidades taxonómicas encontradas en los diferentes sistemas de uso del suelos. (MAGURAN, 1989; BEGON, HARPER Y TOWNSEND, 1995; RAMIREZ, 1999).

Índice de Shanon – Wiener (H'): (MAGURAN, 1989; BEGON, HARPER Y TOWNSEND, 1995; RAMIREZ, 1999).

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

Donde:

- H' = Diversidad (bits/individuo)
- S = Número de especies
- Pi = Proporción del número de individuos de la especie *i* con respecto al total (n_i/N_t)
- n_i = Abundancia de la especie *i*
- N = Abundancia total

Índice de Equidad (J): (MAGURAN, 1989; BEGON, HARPER Y TOWNSEND, 1995; RAMIREZ, 1999).

$$J = \frac{H'}{\ln S}$$

Donde:

- H' = Índice de diversidad de Shanon – Wiener
S = Número de especies por unidad taxonómica
Ln = Logaritmo natural

3.5 Metodología para el Muestreo de los Macro invertebrados

Se procedió hacer un muestreo cada 5 m en un transecto de 45 metros lineales, para poder determinar la macrofauna, el mismo transecto cuyo origen y dirección fue escogido al azar, recolectando 10 muestras y 40 sub muestras por sistema de uso, las mismas que eran colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al lugar donde se procedía a la extracción y/o separación de los organismos con la ayuda de pinzas y bandejas plásticas para posteriormente ser colocados en los recipientes que los contendrán debidamente rotulados .

El método de muestreo utilizado fue el recomendado por el Programa *Tropical Soil Biology and Fertility* (TSBF), (LAVELLE, 1984; ANDERSON e INGRAM, 1993) (Figura 8). Cada monolito tiene que tener las siguientes dimensiones: 25 cm x 25 cm x 30 cm. Los monolitos fueron dividiéndolos en cuatro estratos sucesivos (0 – 05 cm; 0-10 cm; 10-20 cm; 20-30 cm).

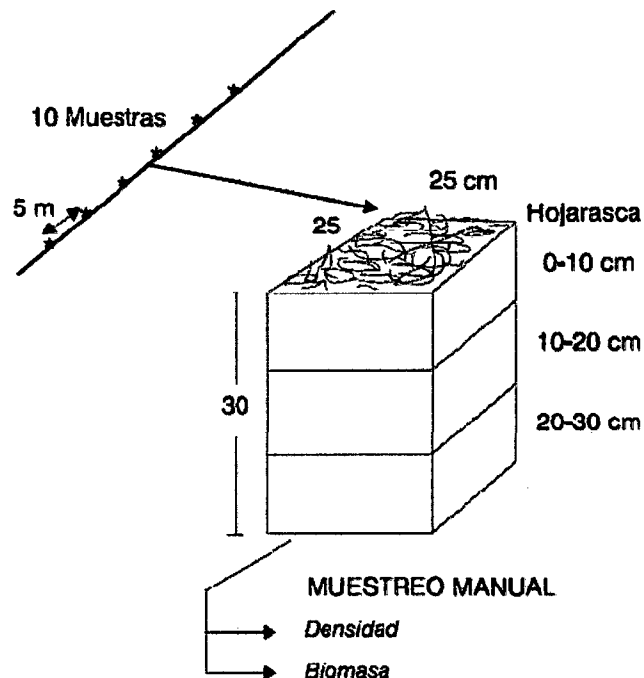


Figura 8. Metodología de muestreo por el *Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF, IUBS/UNESCO) Programme*.

3.6 Metodología de laboratorio

3.6.1. Identificación y pesado de muestras

Las muestras ya en lugar donde se procedía al separado y extracción de los individuos, los que eran colocados en frascos que los contenía con solución de alcohol al 90 % y Formol al 5 %, en algunos casos para ser trasladados el gabinete de conservación de suelos, los mismos que eran reconocidos al nivel de clases y/o orden en algunos casos esto siempre y cuando con la ayuda de un experto en el laboratorio de Entomología de las UNAS, dentro de las cuales se pudo diferencias tres filos: Anelida, Mollusca y Arthropoda, seis clases taxonómicas: Clases: Oligochaeta, Mollusca, clase Gasterópoda, clase Crustacea (Isópoda), clase Insecta (Hymenopteras,

4.2. Macro invertebrados del suelo

4.2.1. Densidad

La densidad total de macroinvertebrados encontrados en los diferentes sistemas de uso, están ligadas a las diferentes formas y/o prácticas agrícolas establecidas en dichas áreas, entre otros; la densidad más alta se encontró en el sistema de uso de suelo con cultivo de cacao (2 928 ind.m⁻²), el sistema de uso de suelo con cultivo de pasto (2 624 ind.m⁻²), seguido del sistema de uso de Bosque (1 904 ind.m⁻²) y con resultados más bajos los sistemas de uso de café y suelo degradado respectivamente (Figura N° 09).

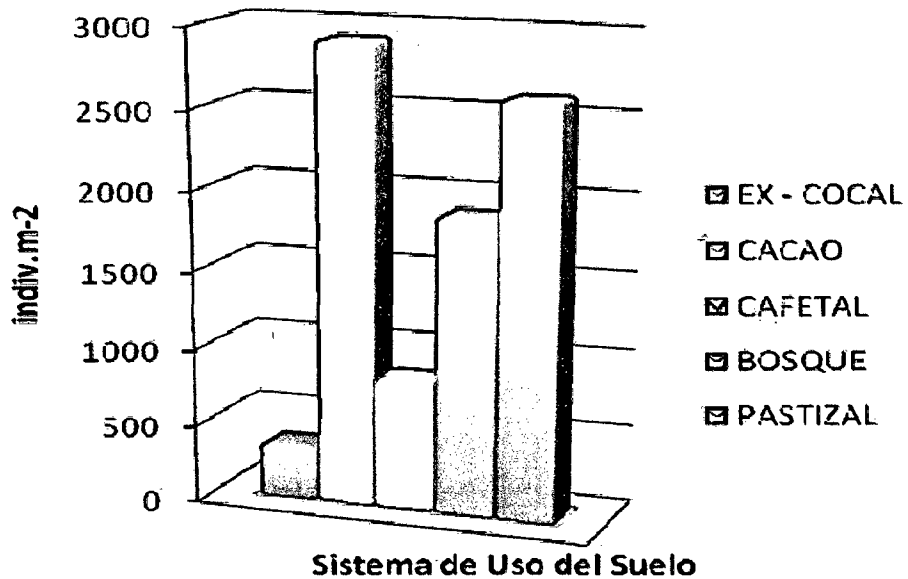


Figura 9. Densidad total por sistema de uso del suelo.

Como se muestra en la Figura 9 el mayor índice de densidad fue encontrado en el sistema de uso con cultivo de cacao, el mismo también que puede ser explicado por la alta presencia de materia orgánica (hojas, frutos,

ramas, en proceso de descomposición), el buen manejo del cultivo y los agentes físicos externos, por otro lado siendo inversamente proporcional al cultivo en un suelo degradado, el cual se fue perdiendo en su totalidad por las malas prácticas agrícolas y siendo en muchas formas casi irrecuperable.

Los primeros 0.5 cm a 10 cm de suelo muestreados en el proyecto mostraron un buen comportamiento arrojando el mayor número de macroinvertebrados en estas profundidades (Figura 10).

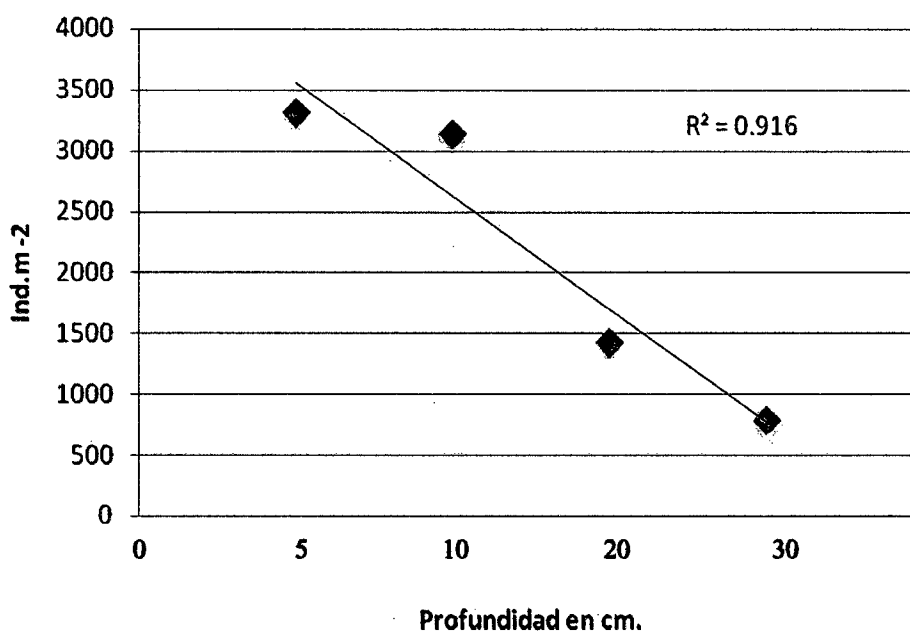


Figura 10. Densidad total a distintas profundidades.

La densidad a distintas profundidades se muestra mayor en los primeros centímetros (0 – 10cm) de suelo demostrando así que la descomposición es mayor a estos niveles, en tal sentido manifestándose mayor índice de macro invertebrados, indistintamente del grupo taxonómico.

4.2.2. Biomasa

La biomasa total fue medida en g.cm^{-2} , en cada sistema de uso evaluado (Figura 11), de igual forma por profundidad muestreada, encontrándose así mayor biomasa en el sistema de uso pastizal (230.65 g.cm^{-2}), seguido del sistema de uso cacaotal ($152.072 \text{ g.cm}^{-2}$), y con pesos menores en los sistemas restantes.

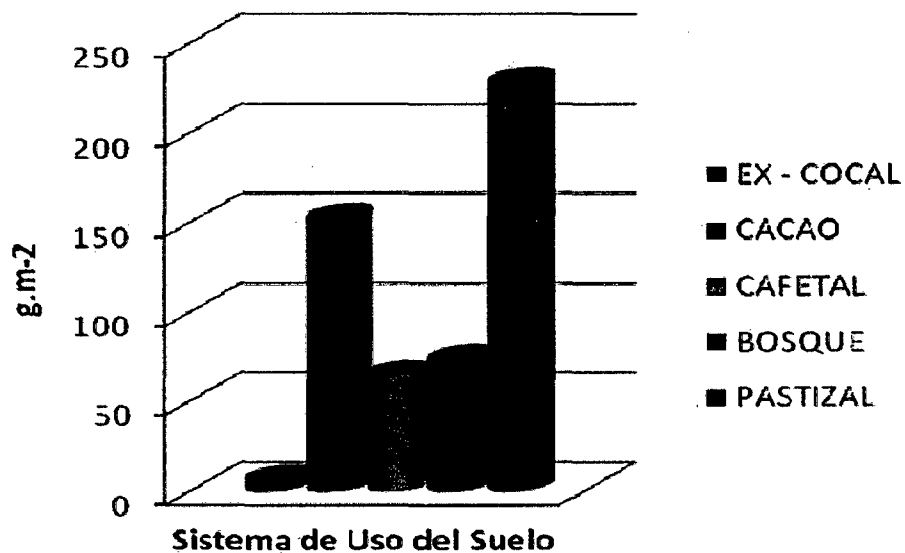


Figura 11. Biomasa total en los sistemas de uso (g.cm^{-2}).

A niveles de profundidad la biomasa es más constante en los primeros 10 cm de suelo notándose la abundancia de organismos, de igual forma aumentando circunstancial e indistintamente a los sistemas de uso y/o grupo taxonómico predominante, realizado la medición (g.cm^{-2}) se encontró mayor biomasa a los diez primeros centímetros (216.15 g.cm^{-2}) Figura 12.

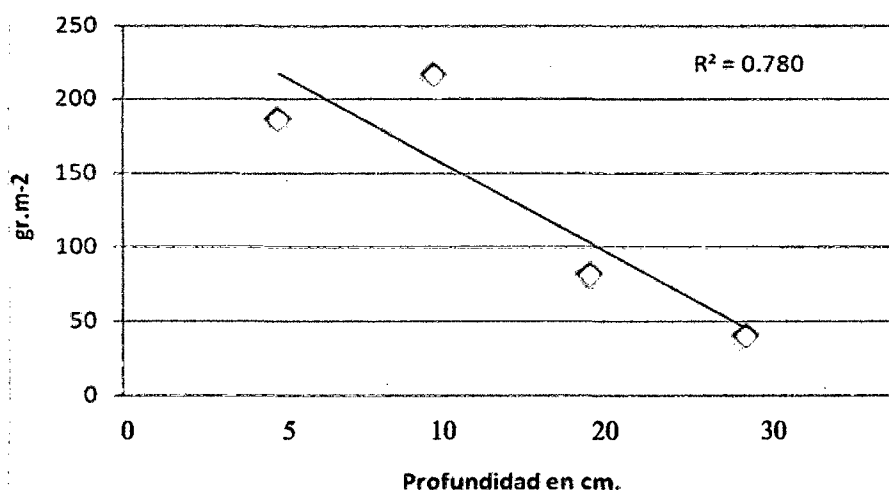


Figura 12. Biomasa total en gr.cm^{-2} a distintas profundidades.

4.2.3. Índice de diversidad

Los índices comparativos de Riqueza de Especies (S), Shannon – Weaver (H') y Equidad (J), manifiestan el grado de complejidad y diversidad entre unidades muéstrales y grupos taxonómicos; encontrándose 11 unidades taxonómicas (Cuadro 10.), de las cuales el más predominante fue el grupo taxonómico *Oligochaeta*, la que estuvo presente en todas las unidades muéstrales y a distintas profundidades.

Cuadro 10. Unidades Taxonómicas encontradas en cada sistema.

FILO	CLASE	ORDEN
Anelida	Oligochaeta	
Mollusca	Gasteropoda	
Arthropoda	Crustacea	Isópodos
	Insecta	Hymenoptera
		Coleóptera
		Dermaptera
		Orthoptera
		Blataria
		Hemiptera
		Isóptera
		Isópodos
	Chilopoda	

Según el índice de Shannon – Weaver (H') el sistema de uso del suelo del bosque reservado mostro mayor diversidad (H' : 1.68) que los demás sistemas uso (Cuadro 11.), dando a entender que en el sistema de uso de bosque reservado, la diversidad se distribuye de una forma más equitativa que en el resto de sistemas; el que presento menor diversidad fue el sistema de uso con cultivo de pastos (H' : 0.415) mostrando una distribución no equitativa.

Cuadro 11. Riqueza de especie, índice de diversidad y equidad de los macroinvertebrados de cada sistema de uso.

Muestras	S	H	J
Cacaotal	9	0.6439	0.269
Bosque reservado	8	1.4426	0.589
Pasto	4	0.1499	0.063
Cafetal	5	0.8838	0.369
Suelo degradado	4	0.1031	0.499

S : Riqueza de especies (numero total de individuos por muestra)
H : Índice de diversidad de Shanon – Wiener
J : Índice de Equidad

4.3. Análisis Estadístico.

4.3.1. Relación entre sistema de uso del suelo y macroinvertebrados.

Teniendo en cuenta la numeración de las medidas de especies de macro invertebrados encontrados por sistema de uso de la manera siguiente: Cacao (1), Bosque reservado (2), Pastizal (3), Cafetal (4), Suelo degradado (5).

Se tiene la comparación estadística de ANVA y prueba de Tukey (0.05%) entre cada uno de ellos, desarrollando así el objetivo planteado.

A) ANVA y prueba de Tukey totalizada para cada sistema de uso por especie encontrada.

Se encontraron 11 taxones más huevos de lombriz (identificado como número 6), por los cinco sistemas de Uso (M1, M2, M3, M4, M5) todos ellos versus las observaciones encontradas (densidad).

Cuadro 12. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey totalizada

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	466	0.72	0.69	42.02

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	141461.0	37	3823.27	29.47	<0.0001
MACROFAUNA	125744.6	11	11431.33	88.13	<0.0001
CULTIVO	2535.8	4	633.96	4.89	0.0007
MACROFAUNA*CULTIVO	13180.6	22	599.12	4.62	<0.0001
Error	55517.9	428	129.71		
Total	196978.8	465			

Test:Tukey Alfa:=0.05

Error: 129.7146 gl: 28

MACROFAUNA	MEDIAS	n	
10	3.2	15	A
11	3.2	20	A
9	3.2	5	A
12	3.38	19	A
8	3.47	14	A
7	3.93	29	A
1	4.46	65	A
2	4.64	47	A
4	4.72	46	A
6	5.61	94	A
5	8.98	73	A
3	59.9	39	B

Test:Tukey Alfa:=0.05

Error: 129.7146 gl: 28

CULTIVO	MEDIAS	n	
M1	8.03	133	A
M4	10.06	67	A
M2	10.85	139	A
M3	18.42	66	B
M5	21.09	61	B

B) ANVA y prueba de Tukey desagregada. (macro invertebrados por sistema de uso)

Orden: Isópoda

Cuadro 13. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Isópoda

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	65	0.32	0.27	56.56

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	194.36	4	48.59	6.94	0.0001
CULTIVO	194.36	4	48.59	6.94	0.0001
ERROR	419.86	60	7		
TOTAL	614.22	64			

Test:Tukey Alfa:=0.05

Error: 6.9977 gl: 60

CULTIVO	MEDIAS	n	
M5	3.43	14	A
M4	3.43	14	A
M3	3.56	9	A
M2	4.36	11	A
M1	7.53	17	B

Clase: Chilopoda

Cuadro 14. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Chilopoda

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	47	0.12	0.06	55.31

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	47.51	3	15.84	1.99	0.1303
CULTIVO	47.51	3	15.84	1.99	0.1303
ERROR	342.95	43	7.98		
TOTAL	390.47	46			

Test: Tukey Alfa: =0.05

Error: 7.9757 gl: 43

CULTIVO	Medias	n	
M5	3.56	9	A
M1	4	4	A
M4	4.92	13	A
M2	6.1	21	A

Clase: Oligochaeta

Cuadro 15. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Oligochaeta

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	39	0.21	0.12	47.25

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	8425.67	4	2106.42	2.28	0.0811
CULTIVO	8425.67	4	2106.42	2.28	0.0811
ERROR	31437.31	34	924.63		
TOTAL	39862.97	38			

Test: Tukey Alfa:=0.05 DMS:=48.51327

CULTIVO	MEDIAS	n	
M4	41.6	5	A
M2	48	5	A
M1	51.2	5	A

Orden: Hymenoptera

Cuadro 16. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Hymenoptera

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	45	0.11	0.09	52.46

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	29.59	4	7.4	1.17	0.34
CULTIVO	29.59	4	7.4	1.17	0.34
ERROR	253.61	40	6.34		
TOTAL	283.2	44			

Test:Tukey Alfa:=0.05

CULTIVO	MEDIAS	n	
M4	3.2	5	A
M3	4	4	A
M1	4.67	12	A

Orden: Isóptera

Cuadro 17. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Isóptera

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	73	0.24	0.21	48.6

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	6812.31	3	2270.77	7.36	0.0002
CULTIVO	6812.31	3	2270.77	7.36	0.0002
ERROR	21291.8	69	308.58		
TOTAL	28104.11	72			

Test:Tukey Alfa:=0.05

CULTIVO	MEDIAS	n	
M4	3.2	10	A
M1	3.8	10	A
M3	5.33	15	A
M2	23.58	38	B

Huevos de lombriz

Cuadro 18. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para huevos de lombriz.

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	94	0.12	0.09	67.65

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	195.85	3	65.28	3.99	0.0102
CULTIVO	195.85	3	65.28	3.99	0.0102
ERROR	1472.11	90	16.36		
TOTAL	1667.96	93			

Test: Tukey Alfa:=0.05

CULTIVO	MEDIAS	n	
M4	4	20	A
M1	4.27	15	A B
M2	6.93	30	A B
M3	7.24	29	B

Orden: Hymenoptera (Hormiga Isula)

Cuadro 19. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Hymenoptera (Hormiga isula)

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	29	0.13	0.01	58.19

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	8.9	1	8.9	1.35	0.2556
CULTIVO	8.9	1	8.9	1.35	0.2556
ERROR	178.13	27	6.6		
TOTAL	187.03	28			

Test: Tukey Alfa:=0.05 DMS:=2.25368

CULTIVO	MEDIAS	n	
M2	3.2	5	A
M1	4.67	24	A

Orden: Blattaria

Cuadro 20. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Blattaria

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	13	0.12	0.01	50.4

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	1.43	2	0.72	0.22	0.8025
CULTIVO	1.43	2	0.72	0.22	0.8025
ERROR	31.8	10	3.18		
TOTAL	33.23	12			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=3.33064

CULTIVO	MEDIAS	n	
M2	3.2	5	A
M1	3.5	4	A
M3	4	4	A

Orden: Orthoptera

Cuadro 21. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Orthoptera

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	5	0.10	0.01	34.23

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	0	0	0	0	>0.9999
CULTIVO	0	0	0	sd	sd
ERROR	4.8	4	1.2		
TOTAL	4.8	4			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=3.33064

CULTIVO	MEDIAS	n	
M1	3.2	5	A

Orden: Dermáptera

Cuadro 22. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Dermáptera

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	15	0.10	0.01	31.69

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0	0	0	0	>0.9999
CULTIVO	0	0	0	sd	sd
Error	14.4	14	1.03		
Total	14.4	14			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=3.33064

CULTIVO	MEDIAS	n	
M1	3.2	15	A

Orden: Coleóptera

Cuadro 23. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Coleoptera

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	19	0.08	0.01	31.18

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	0.08	1	0.08	0.08	0.7789
CULTIVO	0.08	1	0.08	0.08	0.7789
ERROR	17.6	17	1.04		
TOTAL	17.68	18			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=0.98576

CULTIVO	MEDIAS	n	
M2	3.2	10	A
M1	3.33	9	A

Clase: Gasteropoda

Cuadro 24. Análisis de variancia (ANVA) y prueba de Tukey para Gasteropoda

Análisis de la varianza

VARIABLE	N	R ²	R ² Aj	CV
OBSERVA	19	0.10	0.01	45.44

Cuadro de Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
MODELO	0.6	1	0.6	0.26	0.6196
CULTIVO	0.6	1	0.6	0.26	0.6196
ERROR	39.82	17	2.34		
TOTAL	40.42	18			

Test:Tukey Alfa:=0.05 DMS:=1.48278

CULTIVO	MEDIAS	n	
M1	3.2	10	A
M2	3.56	9	A

Los coeficientes de variación (C.V) más altos fueron encontrados en Isópoda, Chilopoda, Hymenoptera, Isoptera, Huevos de lombriz y Blattaria, (56.56, 55.31, 52.46, 67.65, 58.19 y 50.40), por otro lado los valores más bajos fueron encontrados en Oligochaeta, Isoptera, Orthoptera, Dermaptera, Coleoptera y Gasteropoda (47.25, 48.6, 34.23, 31.69, 31.18 y 45.44), de igual forma se tiene que el coeficiente de determinación más alto entre especies por sistema de uso es de 0.32 y el más bajo es de 0.01,

V. DISCUSIÓN

En el presente trabajo de investigación los niveles de pH en los sistemas de uso se encontraban en su mayoría a niveles medianamente ácidos; por otro lado presentan todos los sistemas un nivel de materia orgánica medio indistintamente de la adición de residuos vegetales en los cultivo el cual es un factor que puede influir en la biota del suelo, principalmente por el suministro de alimentos para los organismos, los cambios en la temperatura y la cubierta del suelo considerando lo reportado por CORREIA y PINHEIRO, (1999); BARETTO *et al.*, (2003), quienes afirman que los tratamientos o sistemas de uso pueden mostrar baja densidad y arrojar resultados bajos en índice de diversidad, los mismos que están asociados a la presencia de materia orgánica en las áreas de estudio.

Cambios en la macrofauna del suelo puede producirse en función del uso de la tierra, los cambios en el medio ambiente, la preparación del terreno, el cultivo y la adición de materia orgánica (BARETTA *et al.*, 2003, 2006, 2007), causando efectos beneficiosos o perjudiciales para la fauna epigea (ALVES *et al.*, 2006), en tal sentido corroborando la afirmación de estos autores en sus trabajos de investigación reportan que los cambios se dan a nivel del micro ambiente edáfico con la aplicación de diversa formas de remoción o tratamiento del suelo, indicando también que la presencia de materia orgánica en una determinada área es un indicador muy bueno de una

variada diversidad de macro invertebrados del suelo, manifestándose ahí una buena relación entre ambos factores, de otro forma teniendo una menor producción de materia seca (restos orgánicos vegetales) por área puede inferir también en una menor disponibilidad de substrato para la macrofauna, que es muy sensible a la variación de calidad y cantidad de las plantas de cobertura del suelo (LAVELLE *et al.*, 1992).

Influyendo así cada sistema en la cantidad de biomasa, densidad y diversidad de macro y meso fauna del suelo, puesto que esto se manifiesta en los resultados obtenidos, teniendo mayor biomasa en el sistema de uso con cultivo de cacao (2 928 ind.m²) y mayor densidad en sistema de uso con cultivos de pastos (227.994 g./m²) donde la injerencia de materia orgánica está ligada directamente a las deposiciones de los animales, que allí pastan con frecuencia.

Es importante el mantenimiento de una cubierta vegetal sobre la superficie del suelo para que esta impida la pérdida de la diversidad de la macrofauna y promueva la actividad de los cuerpos de ingenieros del ecosistema, entre ellos grupos de Oligochaeta, Formicidae e Isoptera (BARROS *et al.*, 2003), caso que en el sistema de uso de suelo degradado se ha perdido en su totalidad, pero de igual forma mantiene un número de organismo de macro y meso fauna a pesar de estas alteraciones discrepando con lo manifestado por CORREIA y PINHEIRO, (1999); BARETTO *et al.*, (2003), quienes afirman que la presencia o ausencia de organismos están asociados al contenido de materia orgánica en las áreas de estudio.

La densidad del grupo Oligochaeta se manifestó con más abundancia en el sistema de uso con cultivo de cacao, relacionado con la presencia de materia orgánica, coincidiendo con lo encontrado por LINARES VILLAVICENCIO (2007), quien manifiesta que en los sistemas agroforestales que presentan sombra de bosque son donde más se desarrollo el grupo Oligochaeta e Isopoda.

De las 11 unidades taxonómicas encontradas, la diversidad de macrofauna predominante en el estudio realizado mostró a los grupos taxonómicos de Oligochaeta, Isoptera, Isópoda e Hymenoptera como los más predominantes en cada sistema, debiéndose, a la predominancia de estos grupos en cuanto al número de individuos, que impide el desarrollo de los demás grupos; confirmando lo reportado por BROWER *et al.* (1990), donde reportan que existe mayor diversidad cuando existe similar número de individuos para cada especie o grupo.

De acuerdo al análisis estadístico de macrofauna versus sistemas de uso (Cuadro 12) se tiene que la diferencia es altamente significativa entre los sistemas de uso por la macrofauna del suelo, en tal sentido se tiene que la lombriz de tierra (Clase: Oligochaeta) es la que mostro mayor presencia dentro de todas las especies encontradas, debiéndose a las diferentes actividades y a la interacción que se efectúa entre la población de microorganismos en la modificación de la estructura del suelo y por descomposición de materia orgánica.

Los coeficientes de variación (C.V) más alto 67.65 fue encontrado en huevos de lombriz (Cuadro 18), el valor más bajos 31.18 fue encontrado en Coleóptera, (cuadro 23), de igual forma se tiene que el coeficiente de determinación más alto entre especies por sistema de uso es de 0.32 en Isópoda (cuadro 13) y el más bajo es de 0.1 en Hymenoptera (cuadro 19), los cuales podrían deberse a la insuficiente interacción o actividad que presentan la macrofauna entre los sistemas de uso, estos resultados también indican que la proporción de la variación existente entre las macrofauna son influenciados por los diferentes sistemas de uso considerados en el estudio.

VI. CONCLUSIONES

- 1. Se encontró mayor densidad (ind.m⁻²) en el sistema de uso de suelo con cultivo de cacao, la mayor biomasa (g.cm⁻²) en el sistema de uso con cultivo de pastos, los índices de diversidad arrojaron que el bosque reservado presenta mayor diversidad (H': 1.68) dando a entender que en el sistema de uso bosque reservado la diversidad se distribuye de una forma más equitativa.**
- 2. La mayor o menor presencia, asociación de un grupo particular de la fauna del suelo en cada sistema, se debe al tipo de labranza y más importante aún, a los efectos beneficiosos de residuos vegetales (materia orgánica) tanto en la superficie como en los primeros 10 centímetros de suelo, manifestándose en los resultados de biomasa, densidad y diversidad, pero teniendo en cuenta que los factores medioambientales sean los más favorable para la supervivencia de ciertos grupos.**
- 3. Se encontraron once unidades taxonómicas de los cuales los más predominantes fueron: Oligochaeta, Isoptera, Isópoda e Hymenoptera, respectivamente en cada sistema.**
- 4. El sistema de uso con cultivo de cacao fue el más diverso y el sistema de uso con suelos degradado el menos diverso.**

VII. RECOMENDACIONES

- 1. Que los próximos trabajos de investigación sean realizados en época seca y húmeda para de esa manera poder determinar la influencia de esta sobre la diversidad.**
- 2. De acuerdo al tipo de investigación planteada el reconocimiento de los organismos tiene que ser profundizados a un mayor análisis tanto de macro y meso fauna, buscando así otros factores que se relacione con la interacción de ambos.**
- 3. Estudiar las relaciones físico, químicas del suelo con referencia a los organismos, su distribución y diversidad.**
- 4. Desarrollar líneas de investigación orientadas al estudio de la macro y micro fauna, como indicadores de calidad del suelo**
- 5. A partir de una previa identificación de estos grupos de organismos, se puede desarrollar un estudio taxonómico más detallado para comprobar la contribución de estos animales en términos de servicios ecológicos en el suelo, los mismos que en la actualidad se han extendido su uso como bioindicadores de la calidad del suelo.**

VIII. ABSTRACT

In the province of Leoncio Prado, there are several applications that will be given to the ground, so their biological characteristics vary according to the vegetation. The soil macrofauna plays an important role as decomposers and recyclers, improving the soil structure or aggregation because of these movements (especially of the bodies diggers).

To assess the diversity, density and biomass in five different systems in use, is the main objective of the thesis, which are: cocoa cultivation, secondary forest (Bosque reserved UNAS), pasture (UNAS), coffee and degraded soil. Was collected from each five (05) monoliths 25 x 25 x 15 cm along a transect of 45 m, the soil macrofauna was extracted by hand using tweezers and placed in 90 % alcohol, to be recognized, counted and weighed in the laboratory.

There were a total of 8 656.0 indiv./m², being more abundant in the system cacaotal use with 2 928.0 indiv./m² followed the system of pasture use with indiv./m² and taking 2 624.0 systems use a reserved forest, coffee plantation and degraded soil with a lower rate of individuals / m²; were 11 taxa which are most prevalent, Oligochaeta, Isoptera, Hymenoptera and Isopoda, found in all systems and at different levels; in terms of total biomass found was 523.91 g./m²., with the greatest weight in the system for use with 227.94

Pastizal g./m². followed by cacaotal, reserved forests, coffee plantations and degraded soils.

The highest density (ind.m⁻²) was found in the system of land use in cultivation of cocoa with 2 928.0 ind.m⁻² and the highest diversity indices were obtained in the system of reserved forest use ('H: 1.44) which shows a diversity that is distributed in an equitable manner.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVES, M.V., BARETTA, D. & CARDOSO, E.B.J. 2006. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. R. Ci. Agrov., 5:31-41p.
- ALVES, M.C. 2001. Recuperação do subsolo de um Latossolo Vermelho usado para terrapleno e fundação da usina hidrelétrica de Ilha Solteira. Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, 83p. (Tese de Livre Docência).
- BARETTA, D., BROWN, G.G., JAMES, S.W. & CARDOSO, E.J.B.N. 2007. Earthworm populations sampled using collection methods in Atlantic Forests with *Araucaria angustifolia*. Sci. Agric., 64:384-392 p.
- BARETTA, D., MAFRA, A.L., SANTOS, J.C.P., AMARANTE, C.V.T. & BERTOL, I. 2006. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. Pesq. Agropec. Bras., 41:1675-1679 p.
- BARETTA, D., SANTOS, J.C.P., MAFRA, A.L., WILDNER, L.P. & MIQUELLUTI, D.J. 2003. Fauna edáfica avaliada por armadilhas de catação manual afetada pelo manejo do solo na região oeste catarinense. R. Ci. Agrov., 2:97-106 p.
- BARROS, E., NEVES, A., BLANCHART, E., FERNANDES, E.C.M., WANDELLI, E., LAVELLE, P. 2003. Development of the soil macrofauna

community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia*, v.47, p.273-280 p.

BARROS, E. 1999. Effet de la Macrofaune Sur la Structure et les Processus Physiques du Sol de Paturages Degradés D'Amazonie. Thèse de Doctorat de L'Université Paris 6. France. 127 pp.

BEGON, M., HARPER, J. L., y TOWNSEND, C.R. 1995. *Ecología: Individuos, Poblaciones y comunidades*. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 886p.

BURGES, A. y F. 1971. *Biología del suelo*. Edit. Ediciones Omega. S.A. Barcelona, España.

CORREIA, M.E.F., OLIVEIRA, L.C.M. 2000 De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. *Seropédica: Embrapa agrobiología*, fev. 46 p. (Embrapa Agrbiología. Documentos, 112)

CORREIA, M.E.F. & PINHEIRO, L.B.A. 1999. Monitoramento da fauna do solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica, *Seropédica (RJ)*. Seropédica, Embrapa Agrobiologia. 15p. (Circular Técnica, 3).

COYNE, M. 2000. *Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio*. Edit. Paraninfo. Madrid, España.

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., SCHNEIDMADL, J., SANZ, J.I., HOYOS, P., THOMAS, R.J. 2003. Impacto del uso de la tierra en la macrofauna del suelo de los Llanos Orientales de Colombia. In: JIMÉNEZ, J.J., THOMAS, R.J. (Ed.). *El arado natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las*

savanas neotropicales de Colombia. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 21–45 p. (CIAT. Publicación, 336).

FERNADES, C. 2002. Potencial de utilização dos atributos das comunidades de fauna de solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores do manejo de ecossistemas. *Agrobiología. Documentos* 157. Seropédica – RJ.

FERNANDES, C. y ALVES, P. 1999. Monitoramento da fauna de solo sob diferentes coberturas vegetais em um sistema integrado de produção agroecológica. Circular técnica Nº 3. Seropédica – RJ. 15p.

HENDRIX, P.F., CROSSLEY JR., D.A.; BLAIR, J.M. & COLEMAN, D.C. 1990. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: EDWARDS, C.A., LAL, R.; MADDEN, P., MILLER, R.H. & HOUSE, G. Sustainable agricultural systems. Ankey, Soil and Water Conservation Society, p.637-654 p.

JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, v.69, p.373–386,

LAVELLE, P., SPAIN, A.V. Soil ecology. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654 p.

LAVELLE, P., PASHANASI, B., CHARPENTIER, F., GILOT, C., ROSSI, J.P., DEROUARD, L., ANDRÉ, J., PONGE, J.F., BERNIER, N. 1997. Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: EDWARDS, C.A. (Ed.). *Earthworm Ecology*. Boca Raton: St Lucie Press, 103-122 p.

- LAVELLE, P., BIGNELL, D., LEPAGE, M., WOLTERS, V., ROGER, P., INESON, P., HEAL, O.W., DHILLION, S. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, v.33, p.159–193.
- LAVELLE, P., BLANCHART, E., MARTIN, A., SPAIN, A.V. & MARTIN, S. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: SANCHEZ, P.A. & LAL, R., eds. *Myths and science of soils of the tropics*. Madison, Soils Science Society of America, p.157-185.
- LEE, K.E. The biodiversity of soil organisms. *Applied Soil Ecology*, 1994. v.1, p.251-254.
- MAGURAN, A. E. 1989. *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones VEDRA. Barcelona, España. 200p.
- MOÇO, M.K.; GAMA-RODRIGUES, E.F.; GAMA-RODRIGUES, A.C.; CORREIA, M.E.F. 2005. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região norte fluminense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.555-564.
- PASHANASI, B. 2001. Estudio cuantitativo de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en la Amazonía Peruana, IIAP, Perú. 16 p.
- PORTA, J., LOPEZ, ACEVEDO., ROQUERO, C, 1999. *Edafología para la agricultura y el medio ambiente*. 2da. Edición. Bilbao, España. Ediciones Mundi prensa. 849 p.
- RAMIREZ, GONZÁLES A. 1999. *Ecología Aplicada*. Fundación Universidad de Bogotá. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 325 p.

- TAPIA CORAL S.C. 2004. Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firme na Amazonia peruana. Tesis de Doctorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazonia – INPA. Universidade Federal do Amazonas- UFAM. Manaus, Brasil. 154 p.
- TAPIA CORAL, S.C., LUIZÃO, F., WANDELLI, E. 1999. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. *Acta Amazônica*, 29(3): 477-495 p.
- TIAN, G., KANG, B.T., BRUSSARD, L. 1997. Effect of mulch quality on earthworm activity and nutrient supply in the humid tropics. *Soil Biol. Biochem.*, 29:369-373 p.

X. ANEXOS

ANEXO A

Datos de Muestreo por Sistemas de uso – Determinación de Biomasa y Densidad

1. Muestra de Sistema de uso de Suelo degradado

Total de Muestreo

PROFUNDIDAD	N° DE ORGANISMOS indiv./m ²	Peso en gr.
0 – 5	144	0.53888
0 – 10	176	3.3712
0 - 20	32	2.2576
0 – 30	0	0
Total	352	6.16768

Datos corregidos multiplicados por 16 para así poder ser expresados en indiv./m²(Correa y Oliveira 2000)

1.1. Sub muestras por niveles de profundidad

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 5 cm	hormiga (marrón)	7	0.01575
	Chanchito	2	0.01793
	TOTAL	9	0.03368

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 10 cm	hormiga (marrón)	9	0.0202
	cien pies	2	0.1905
	TOTAL	11	0.2107

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 20 cm	Termite	2	0.1411
TOTAL		2	0.1411

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 30 cm	0	0	0
TOTAL		0	0

2. Muestra de Sistema de uso con cultivo de Cacao

Total de Muestreo.

PROFUNDIDAD	N° DE ORGANISMOS indiv./m ²	Peso en gr.
0 - 5	640	17.9744
0 - 10	1232	68.112
0 - 20	576	36.96
0 - 30	480	29.0256
Total	2928	152.072

Datos corregidos multiplicados por 16 para así poder ser expresados en indiv./m²(Correa y Oliveira 2000)

2.1. Sub muestras por niveles de profundidad.

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 5 cm	Chanchito	8	0.2412
	Cien pies	1	0.0124
	Lombriz de Tierra	20	0.6421
	Hormiga (marrón)	3	0.0452
	Termite	1	0.0145
	Huevos de Lombriz	4	0.0012
	Tijereta	2	0.1544
	Picudo	1	0.0124
TOTAL		40	1.1234

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 10 cm	Lombriz de Tierra	71	4.052
	Hormiga amarilla	1	0.031
	Termite	2	0.064
	Tijereta	1	0.031
	Picudo	1	0.038
	Caracol de tierra	1	0.041
TOTAL		77	4.257

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 20 cm	Lombriz de Tierra	35	2.272
	Caracol de tierra	1	0.038
TOTAL		36	2.31

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 30 cm	Lombriz de Tierra	29	1.7731
	Chinche de agua	1	0.041
TOTAL		30	1.8141

3. Muestra de Sistema de uso con cultivo de Café

Total de Muestreo

PROFUNDIDAD	N° DE ORGANISMOS indiv./m ²	Peso en gr.
0 - 5	384	24.5456
0 - 10	192	18.6624
0 - 20	160	12.224
0 - 30	112	9.1728
Total	848	64.6048

Datos corregidos multiplicados por 16 para así poder ser expresados en indiv./m² (Correa y Oliveira 2000)

3.1. Sub muestras por niveles de profundidad

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 5 cm	Lombriz de Tierra	12	0.9829
	Cien pies	4	0.3812
	Huevos de lombriz	3	0.0809
	Termite	4	0.0282
	Termite	1	0.0609
TOTAL		24	1.5341

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 10 cm	Lombriz de Tierra	8	0.6552
	Chanchito	3	0.4843
	Huevos de lombriz	1	0.0269
TOTAL		12	1.1664

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 20 cm	Lombriz de Tierra	9	0.7371
	Huevos de lombriz	1	0.0269
TOTAL		10	0.764

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 30 cm	Lombriz de Tierra	7	0.5733
TOTAL		7	0.5733

4. Muestra de Sistema de uso del Bosque reservado (bosque secundario)

Total de Muestreo.

PROFUNDIDAD	N° DE ORGANISMOS indiv./m ²	Peso en gr.
0 – 5	1344	66.6976
0 – 10	240	1.16
0 - 20	240	4.1904
0 – 30	80	1.0736
Total	1904	73.1216

Datos corregidos multiplicados por 16 para así poder ser expresados en indiv./m² (Correa y Oliveira 2000)

4.1. Sub muestras por niveles de profundidad.

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 5 cm	Lombriz de Tierra	8	0.5142
	Hormiga isula	2	0.4836
	Hormiga (marrón)	5	0.4778
	Termite	54	0.381
	Chanchito	3	0.4843
	Arañas	3	0.4931
	Caracol de agua	2	0.4846
	Cien pies	4	0.381
	Huevos de lombriz	3	0.469
	TOTAL		84

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 10 cm	Lombriz de Tierra	2	0.0149
	Hormiga (marrón)	2	0.0045
	Hormiga isula	5	0.0265
	Huevos de lombriz	5	0.023
	cien pies	1	0.0036
TOTAL		15	0.0725

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
	Lombriz de Tierra	2	0.1592
	Cien pies	2	0.0044
0 - 20 cm	Huevos de lombriz	5	0.0774
	Termite	5	0.0157
	Chinche de agua	1	0.0052
	TOTAL	15	0.2619

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
	Lombriz de Tierra	1	0.0241
0 - 30 cm	Hormiga (marrón)	3	0.0137
	Cien pies	1	0.0293
	TOTAL	5	0.0671

**5. Muestra de Sistema de uso con cultivo de Pastos (Pastizal UNAS –
Tras internado Británico)**

Total de Muestreo

PROFUNDIDAD	N° DE ORGANISMOS indiv./m²	Peso en gr.
0 – 5	800	76.3664
0 – 10	1296	124.8448
0 - 20	416	25.6816
0 – 30	112	3.7584
Total	2624	230.6512

Datos corregidos multiplicados por 16 para así poder ser expresados en indiv./m²(Correa y Oliveira 2000)

5.1. Sub muestras por niveles de profundidad

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 5 cm	Lombriz de Tierra	46	3.943
	Hormiga isula	1	0.166
	Chanchito	1	0.609
	Huevos de lombriz	2	0.0549
TOTAL		50	4.7729

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 10 cm	Lombriz de Tierra	77	6.307
	Grillo picuro	1	1.4149
	Huevos de lombriz	3	0.0809
TOTAL		81	7.8028

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 20 cm	Lombriz de Tierra	19	1.5152
	Huevos de lombriz	7	0.0899
TOTAL		26	1.6051

PROFUNDIDAD	ESPECIES	N° DE ESPECIES	PESO TOTAL gr
0 - 30 cm	Lombriz de Tierra	5	0.0403
	Chanchito	1	0.188
	Huevos de lombriz	1	0.0066
TOTAL		7	0.2349

ANEXO B

Cuadro 12. Determinación de Riqueza de Especies, Índices de Diversidad y Equidad de los Macroinvertebrados del Suelo por Sistema de Uso
(Cuadro general)

N°	Nombre	Unidades Muestreadas					ni	pi (ni/N)	LNpi	piLNpi
		M1	M2	M3	M4	M5				
1	Isópoda	8	3	2	3	2	18	0.036	-3.3122	-0.1207
2	Chilopoda	1	8	0	4	2	15	0.030	-3.4945	-0.1061
3	Oligochaeta	155	13	147	36	0	351	0.711	-0.3417	-0.2428
4	Hymenoptera	4	10	0	0	7	21	0.043	-3.1580	-0.1342
5	Isóptera	3	59	0	4	2	68	0.138	-1.9830	-0.2730
6	Blattaria	0	7	1	0	0	8	0.016	-4.1231	-0.0668
7	Hemiptera	1	1	0	1	0	3	0.006	-5.1039	-0.0310
8	Orthoptera	0	0	1	0	0	1	0.002	-6.2025	-0.0126
9	Dermaptera	3	0	0	0	0	3	0.006	-5.1039	-0.0310
10	Coleoptera	2	0	0	0	0	2	0.004	-5.5094	-0.0223
11	Gasteropoda	2	2	0	0	0	4	0.008	-4.8162	-0.0390

M1: Cacaotal, M2: BRUNAS, M3: Pastizal, M4: Cafetal, M5: Suelo degradado

S = 11

N = 949

\sum -1.0795
H' 1.0795

Si H_{máx} = LN S = LN 11

H_{max} 2.398

Aplicando el índice de equitatividad

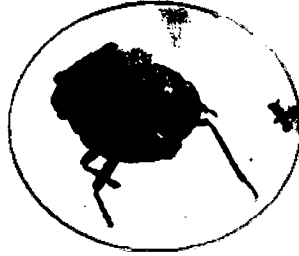
$$E = \frac{H'}{H_{\max}} = 0.45$$

ANEXO C

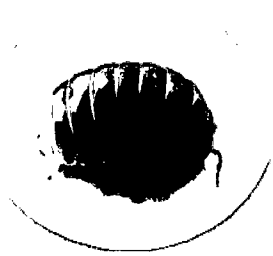
Figura 13. Imágenes de Unidades Recolectadas



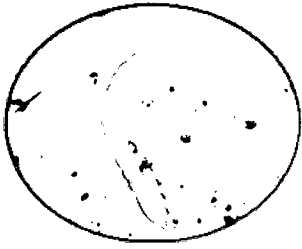
Hymenoptera



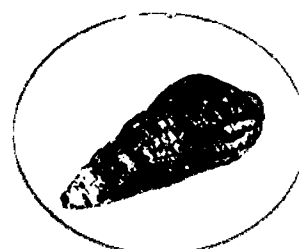
Blattaria



Isópoda



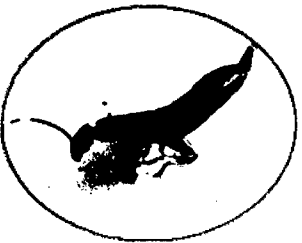
Chilopoda



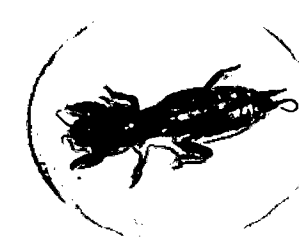
Gasterópoda



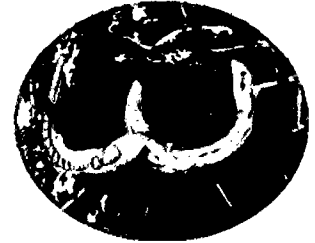
Heminóptera



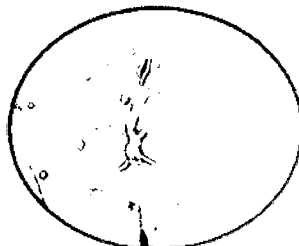
Dermáptera



Orthóptera



Oligochaeta



Isóptera



Coleóptera

ANEXO D

Panel fotográfico

a) Recolección de muestras en campo



Figura 14. Alineamiento para la extracción de muestras



Figura 15. Extracción de los monolitos

b) Separación de muestras

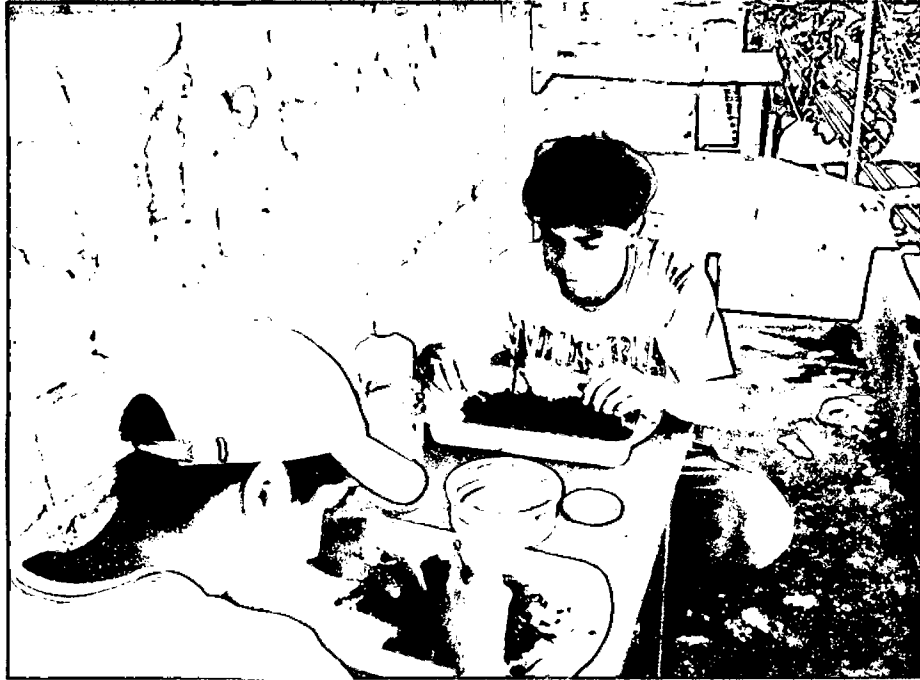


Figura 16. Separación manual de macroinvertebrados

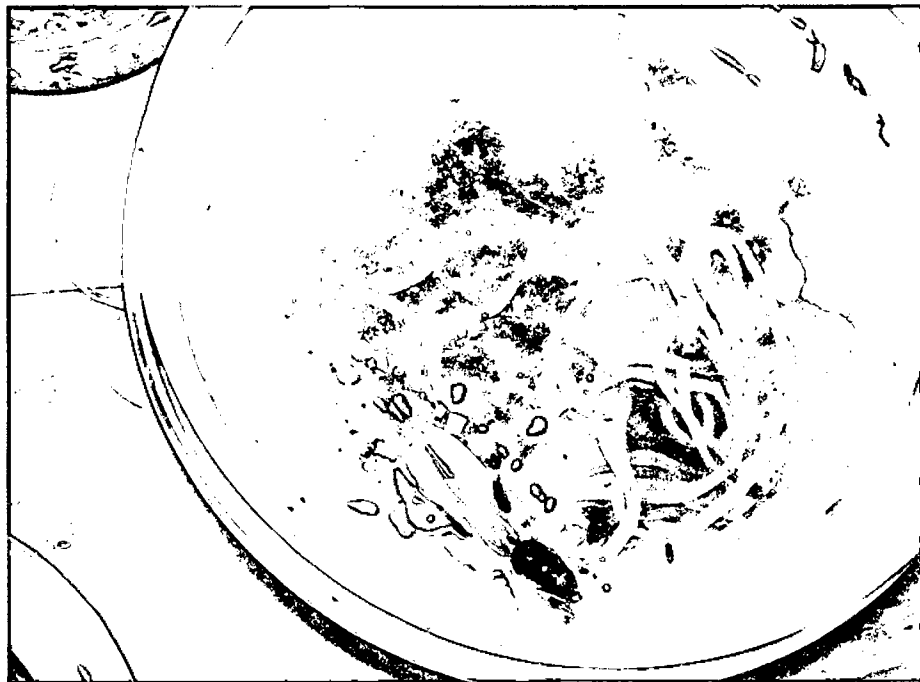


Figura 17. Macroinvertebrados recolectados



Figura 18. Macroinvertebrados recolectados, separados por profundidad muestreada

c) Reconocimiento, conteo de macrofauna y pesado de muestras

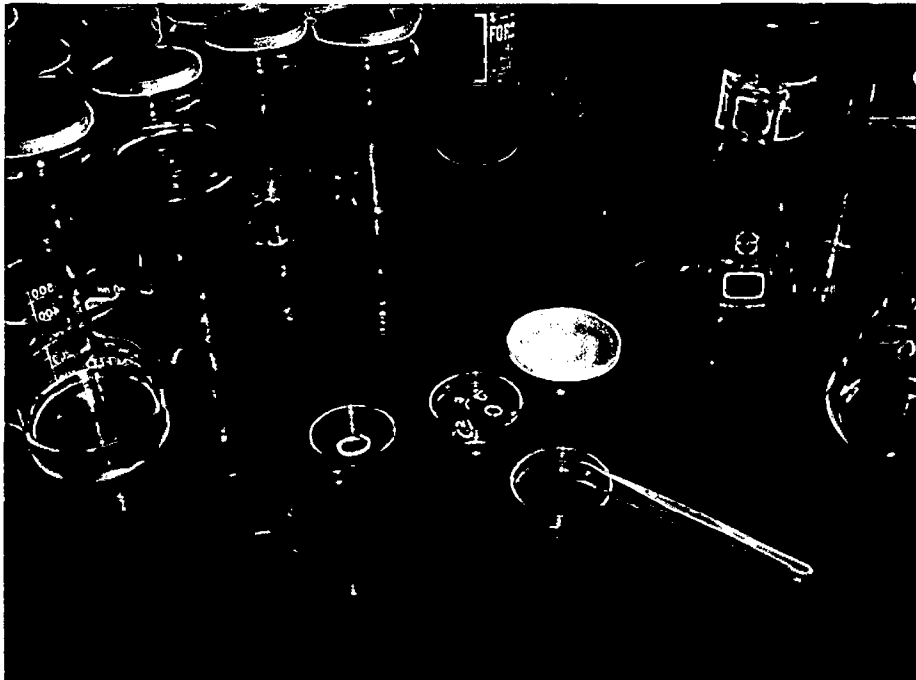


Figura 19. Materiales de laboratorio para reconocimiento de macrofauna



Figura 20. Conteo de macrofauna

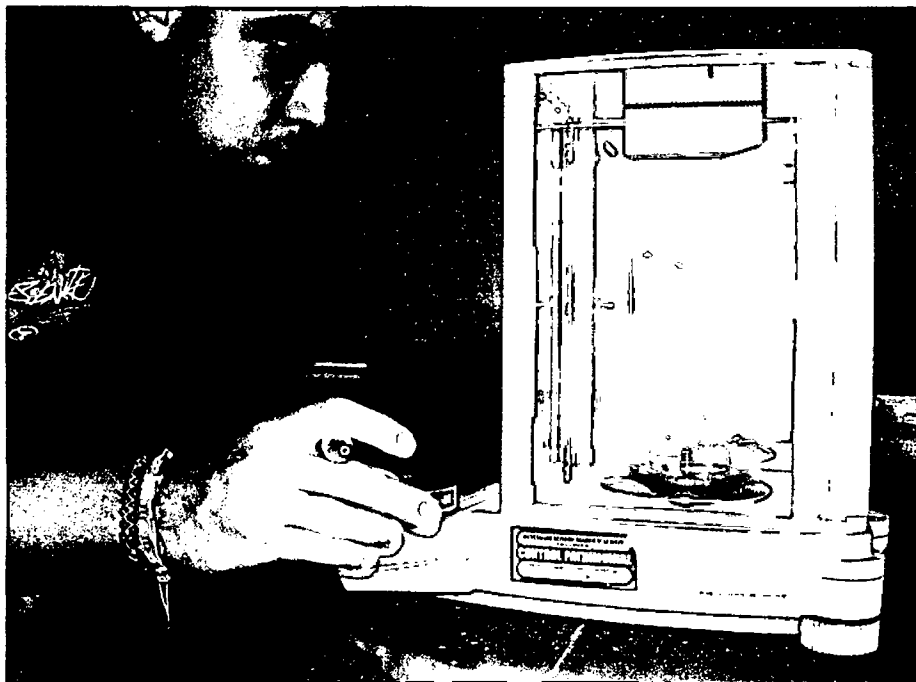


Figura 21. Pesado de muestras encontradas