

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS EN CONSERVACIÓN DE
SUELOS Y AGUA



DIVERSIDAD DE MACROFAUNA EN DIFERENTES SISTEMAS DE USO DEL
SUELO EN EL BOSQUE RESERVADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA DE LA SELVA – TINGO MARÍA

Tesis

Para optar al título de:

INGENIERO EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES MENCIÓN
CONSERVACIÓN DE SUELOS Y AGUA

FULTON PANDURO GONZALES

PROMOCIÓN 2009 – I

Tingo María - Perú

2013

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Fulton y Simona por sus grandiosas expresiones de amor, dedicación y entrega brindado durante todo este tiempo para seguir superándome cada día más.

A mis Hermanas Erika y Magnolia, debido a su confianza y gran afecto que nos une siendo la fuerza de mi vida.

A mi angelita Valentina Shantal

A todos los que creen que un mundo mejor es posible.

AGRADECIMIENTOS

Durante mi formación profesional, personal y elaboración de la presente investigación, varias personas colaboraron directa e indirectamente, a quienes deseo expresar mi más profundo reconocimiento:

A los docentes de la Facultad de Recursos Naturales Renovables que se esforzaron por entregarme sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. RENGIFO TRIGOZO, Juan Pablo quien me ofreció su invaluable asesoramiento en la presente investigación. Gracias por su paciencia, empeño y confianza.

A Mileny Medina por su amor, cariño, ánimo y paciencia.

A todos los que desinteresadamente me brindaron su ayuda que sin ella hubiese sido imposible la culminación de la presente tesis.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. La macrofauna del suelo	3
2.2. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional.....	4
2.3. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo.....	6
2.4. Biodiversidad.....	8
2.4.1. Distribución de la biodiversidad	9
2.4.2. Valor de la biodiversidad.....	10
2.5. Diversidad	10
2.5.1. Riqueza biológica	11
2.5.2. Diversidad alfa	11
2.6. Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS).....	13
2.6.1. Composición florística.....	14
2.7. Estudios de macro invertebrados en el suelo	15
III. MATERIALES Y MÉTODOS	19

3.1. Lugar de ejecución	19
3.1.1. Ubicación política.....	19
3.1.2. Características ambientales de la zona del experimento.....	20
3.1.3. Geología.....	20
3.1.4. Fisiografía.....	21
3.1.5. Accesibilidad.....	21
3.2. Materiales y equipos	21
3.2.1. Componentes en estudio.....	21
3.2.2. Materiales y equipos de campo	22
3.2.3. Materiales y equipos de gabinete	22
3.3. Disposición experimental	22
3.4. Metodología	23
3.4.1. Reconocimiento de la zona de estudio	23
3.4.2. Muestreo de macroinvertebrados	24
3.4.3. Muestreo y análisis de suelos.....	25
3.5. Análisis de datos	25
3.6. Análisis estadístico.....	27
IV. RESULTADOS	30

4.1. Los suelos y su sistemas de uso	30
4.1.1. Sistema de uso con plantación de tornillo (<i>Cedrelinga cateniformis</i> Ducke).....	30
4.1.2. Sistema de uso con plantación de bambú	31
4.1.3. Sistema de uso con plantación de pasto.....	31
4.1.4. Sistema de uso bosque secundario	32
4.1.5. Sistema de uso cultivo de cacao.....	32
4.2. Macroinvertebrados del suelo	33
4.2.1. Densidad y Biomasa.....	33
4.2.2. Diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	37
4.3. Relación entre la macrofauna y algunos parámetros de los suelos.....	41
V. DISCUSIÓN	43
5.1. Densidad y biomasa de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	43

5.2. Diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva	45
5.3. Relación entre la macrofauna y algunos parámetros de los suelos.....	47
VI. CONCLUSIONES.....	49
VII. RECOMENDACIONES.....	51
VIII. ABSTRACT	52
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
ANEXO.....	61

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Clasificación funcional de la macrofauna.....	4
2. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo.	7
3. Coordenada de las zonas en estudio.....	20
4. Parámetros físicos del suelo.....	22
5. Parámetros químicos del suelo.....	23
6. Parámetros biológicos del suelo.	23
7. Esquema del análisis de varianza.	27
8. Resultados de analisis de suelo del tornillal.....	30
9. Resultados de analisis de suelo del bambuzal.	31
10. Resultados de analisis de suelo del pastizal.....	31
11. Resultados de analisis de suelo del bosque secundario.....	32
12. Resultados de analisis de suelo del cacaotal.....	32
13. Densidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo ubicados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.	33
14. Análisis de varianza de la densidad de macrofauna en profundidades de suelos de diferentes sistemas de uso.....	34

15. Prueba Tuckey (0.05) respecto a la densidad de macrofauna encontrados en profundidades de suelos en sistemas de uso.	35
16. Biomasa de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo.	36
17. Unidades Taxonómicas encontradas en cada sistema de uso.	38
18. Índice de diversidad de macrofauna encontrados en diferentes sistemas de uso de suelos.	40
19. Coeficientes de correlación de la relación entre la densidad y biomasa de la macrofauna con algunos parámetros del suelo.	42
20. Parámetros físicos encontrados en los suelos de los diferentes sistemas.	62
21. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de tornillo (tornillal).	62
22. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de bambú (bambuzal).	63
23. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de pasto (pastizal).	64
24. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con vegetación intervenida (bosque secundario).	65
25. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de cacao (cacaotal).	66

26. Análisis de varianza en la densidad de la macrofauna encontrados entre 0 – 10 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.	67
27. Prueba Tukey en la densidad de la macrofauna encontrados entre 0 – 10 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.	67
28. Análisis de varianza en la densidad de macrofauna encontrados entre 10 – 20 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.	68
29. Prueba Tukey en la densidad de macrofauna encontrados entre 10 – 20 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.	68
30. Análisis de varianza en la densidad de macrofauna encontrados entre 20 – 30 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.	69
31. Prueba Tukey en la densidad de macrofauna encontrados entre 20 – 30 cm de profundidad en diferentes sistemas de uso.	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Tamaño de la fauna edáfica (BLAIR <i>et al.</i> , 1996).	8
2. Ubicación del lugar de ejecución.	19
3. Monolito para muestreo.	24
4. Densidad de macrofauna a diferentes profundidades de suelos extraídas de diferentes sistemas de uso de suelos.....	34
5. Biomasa de macrofauna a diferentes profundidades de suelos extraídas en diferentes sistemas de uso.	37
6. Grupos taxonómicos encontrados en diversos sistemas de uso en el BRUNAS.....	39
7. Índices de diversidad.....	41
8. Relación entre algunos elementos químicos del suelo y la densidad de la macrofauna.....	42
9. Plantación de bambú.....	70
10. Bosque secundario.....	70
11. Plantación de cacao.....	71
12. Pastizal.....	71
13. Plantación de tornillo.....	72
14. Conteo de macrofauna.....	72

15. Lombriz de tierra.....	73
16. Especimen del orden Isópoda.....	73

RESUMEN

La investigación, se llevó a cabo con la finalidad de determinar la diversidad, densidad y biomasa de la macrofauna en los diferentes sistemas de usos del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), políticamente ubicado en el distrito Rupa Rupa, región Huánuco, a una altitud que va desde los 667 msnm. Hasta los 1092 msnm. Se evaluó sistemas tipo pastizal, bosque secundario, bambuzal, tornillal y cacaotal; el método en la toma de muestras se siguió al de Anderson e Ingram , citados por LINARES *et al.* Se determinó que el sistema tornillal y cacaotal presentaron 10 grupos taxonómicos, seguido de la plantación de bambú, bosque secundario y por último en el terreno donde se estableció los pastos, habiendo entre los primeros 10 cm del suelo mayor número de macrofauna y biomasa; mayor diversidad en los suelos con plantaciones de cacao, bambú, plantaciones de tornillo, bosque secundario y finalmente en suelos donde se estableció pastos. Además se encontró relaciones positivas de la densidad y biomasa de macrofauna con las propiedades químicas del suelo como el pH y fósforo del suelo, y relaciones negativas con la materia orgánica y nitrógeno.

I. INTRODUCCIÓN

En los ambientes naturales del trópico húmedo, la macro fauna y la flora del suelo son los mejores agentes reguladores de los procesos físico-químicos que generan la fertilidad de los suelos. Ellos, por acción de la ingestión y deyección del suelo, contribuyen a la conformación de estructuras macro-agregadas resistentes. En los bosques, áreas de pastura, sistemas de recuperación de suelo, áreas ganaderas, la diversidad y la abundancia de las comunidades de macro fauna pueden ser usadas como indicadores de la calidad del suelo como las lombrices de tierra y la fauna del suelo, en general, influyen en la dinámica de sus procesos físicos y químicos.

Para mantener la alta diversificación vegetal, un componente fundamental es el suelo; el cual requiere para su mantenimiento que exista un sin número de organismos que actúan reciclando los nutrientes esenciales para las plantas en crecimiento. Entre estos organismos tenemos a la macrofauna del suelo que fragmentan y mezclan la hojarasca del suelo (OLIVEIRA, 1996).

El Boque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, son áreas que albergan diferentes ecosistemas, entre los cuales destacan los bosques primarios, bosques secundarios, sistemas agroforestales, áreas de recuperación de suelo, áreas de pastura, áreas ganaderas y ecosistemas antrópicos (agroecosistemas); estos ecosistemas

albergan una abundante fauna, que es muy importante entre los que se encuentran: aves, reptiles, mamíferos, que los utilizan para alimentarse y refugiarse, las cuales controlan la población de la macrofauna del suelo. El presente trabajo se plantea la siguiente interrogante ¿De qué manera el sistema de uso del suelo influye en la diversidad de la macrofauna en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva?

Por lo que se plantea la Hipótesis. La densidad, diversidad y biomasa de la macrofauna del suelo varían según el sistema de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Por tal motivo se plantea los siguientes objetivos:

- Determinar la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo.
- Relacionar la densidad y biomasa con algunos elementos físicos y químicos de los suelos bajo diferentes sistemas de uso.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La macrofauna del suelo

Según RAMIREZ y GONZALES (1999), la macrofauna se encuentra compuesta por organismos desde 2 mm de longitud y que llegan hasta los 20 mm. La macrofauna se mueve activamente en el suelo y pueden elaborar galerías en las cuales viven. Forman parte de este grupo los isópodos, quilópodos, diplópodos, arácnidos, moluscos y formícidos, isópteros, coleópteros y oligoqueto (lombrices de tierra).

PORTA *et al.* (1999) mencionan que son 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; denominados macro invertebrados y COYNE (2000) añade que comprenden organismos mayores a 2 mm de diámetro y longitud entre 10 a 200 mm.

JONES *et al.* (1994) afirman que son importantes por su actividad en los procesos de depredación de microbios, modificación de la estructura del suelo, descomposición de la materia orgánica, mezcla de la tierra con la materia orgánica descompuesta, fueron clasificados por su función en el suelo; estos organismos incrementan la formación de agregados, desarrollan parte o

todo su ciclo de vida en el suelo y/o mantillo superficial; además mejoran las propiedades físicas del suelo y definen el hábitat de esas comunidades.

Cuadro 1. Clasificación funcional de la macrofauna.

Función	Grupos
Ingenieros del suelo	Formicidae, Oligochaeta, Isóptera
Saprófagos	Diplopoda, Isópoda, Blattaria
Predadores	Aranea, Chilopoda, Dermáptera
Herbívoros	Hemíptera, Himenóptera, Orthoptera
Larvas	De coleóptera y lepidóptera
Otros	Coleóptera, Gasterópoda, Pseudoescorpionidae

Fuente: JONES *et al.* (1994).

2.2. Clasificación de la macrofauna edáfica y su importancia funcional

Lavelle *et al.* (1992), citados por BROWN *et al.* (2000) mencionan que la fauna del suelo o edáfica está constituida por organismos que pasan toda o una parte de su vida sobre la superficie inmediata del suelo, en los troncos podridos y la hojarasca superficial y bajo la superficie de la tierra, incluyendo desde animales microscópicos hasta vertebrados de talla mediana (e.g. tuzas). Para vivir en el suelo, estos organismos han tenido que adaptarse a un ambiente compacto, con baja concentración en oxígeno y luminosidad, pocos espacios abiertos, baja disponibilidad y calidad de alimentos y fluctuaciones microclimáticas que pueden llegar a ser muy fuertes. En los

trópicos la macrofauna es la fauna animal más conspicua del suelo e incluye los invertebrados con un diámetro mayor de 2 mm y fácilmente visibles en la superficie o interior del suelo. Entre sus miembros se encuentran los termites, las lombrices de tierra, los escarabajos, las arañas, las larvas de mosca y de mariposa, los caracoles, los milpiés, los ciempiés y las hormigas. De estos organismos, los escarabajos suelen ser los más diversos (con mayor número de especies), aunque en abundancia predominan generalmente los termites y las hormigas y en biomasa las lombrices de tierra. La abundancia de toda la macrofauna puede alcanzar varios millones de individuos por hectárea y su biomasa varias toneladas por hectárea. Su diversidad podría llegar a superar el millar de especies en ecosistemas complejos (como la selva tropical), aunque todavía carecemos de datos exactos sobre la diversidad específica de la macrofauna tropical edáfica en un ecosistema dado.

Lavelle (1997), citado por BROWN *et al.* (2000) indica que la macrofauna puede además subdividirse en organismos epigeos, endogeos y anécicos, presentando cada categoría un papel diferente en el funcionamiento del ecosistema edáfico, aunque miembros de una misma categoría (e.g. los endogeos) pueden también tener efectos distintos sobre el suelo (e.g. compactantes y descompactantes). Los epigeos viven y comen en la superficie del suelo; la mayor parte se alimentan de la hojarasca (macro artrópodos detritívoros, pequeñas lombrices de tierra pigmentadas), otros comen plantas vivas (larvas de mariposas, caracoles) y otros (arañas, hormigas, ciempiés y algunos escarabajos) son predadores del resto de la fauna. La función

primordial de los epigeos es fragmentar la hojarasca y promover su descomposición.

2.3. Macrofauna y sus efectos sobre el suelo

La fauna excavadora tritura y mezcla materiales del suelo, lo que contribuye a la estructuración y favorece la formación de horizontes Bw, la permeabilidad y la aireación. Su acción sobre horizontes preexistentes puede llegar a hacer desaparecer alguno de sus rasgos por efectos de la bioturbación (faunaturbación). Cuando hay predominio de un cierto tipo de población animal tiende a producirse la homogeneización del volumen trabajado por la fauna, estableciéndose una diferencia muy nítida con respecto al material subyacente. Una actividad biológica muy intensa puede dar lugar a modificaciones significativas del epipedión, de forma que su espesor sea muy considerable y esté formado casi enteramente por deyecciones y galerías rellenas. Para designar a los suelos con este tipo de horizonte (normalmente un epipedión móllico) se usa el elemento formador de gran grupo Verm (como en Verudoll o Vermustoll) (BLAIR *et al.*, 1996).

La macrofauna más numerosa son los artrópodos, sobre todo los colémbolos, que viven en los primeros 5 cm de suelo. Los colémbolos son las responsables de trocear la materia orgánica, aumentando su área superficial. Las lombrices de tierra desempeñan un papel importante en el suelo, mezclando la materia orgánica con los componentes minerales. Se estima que en un suelo en promedio hay 10 ton de lombrices de tierra por 0.4 ha/año y que

en 50 años llevan hasta la superficie todo el volumen de suelo contenido en los primeros 22 cm.

Cuadro 2. Actividades de la fauna del suelo en los procesos de descomposición y la estructura del suelo.

Categoría	Ciclaje de nutrientes	Estructura del suelo
Microfauna (4 μm – 100 μm)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan las poblaciones de bacterias y hongos. - Alteran el ciclaje de nutrientes 	Pueden afectar la estructura del suelo a través de interacciones con la microflora.
Mesofauna (100 μm – 2 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan las poblaciones de hongos y de la microfauna. - Alteran el ciclaje de nutrientes. - Fragmentan detritos vegetales. 	<ul style="list-style-type: none"> Producen pelotas fecales. Crean bioporos. Promueven la humificación.
Macrofauna (2 mm – 20 mm)	<ul style="list-style-type: none"> - Regulan los hongos y la microfauna. - Estimulan la actividad microbiana. 	<ul style="list-style-type: none"> - Descomponen partículas orgánicas y minerales - Redistribuyen la materia orgánica y microorganismos - Promueven la humificación. Producen pelotas fecales.

Fuente: CORREIA (2000).

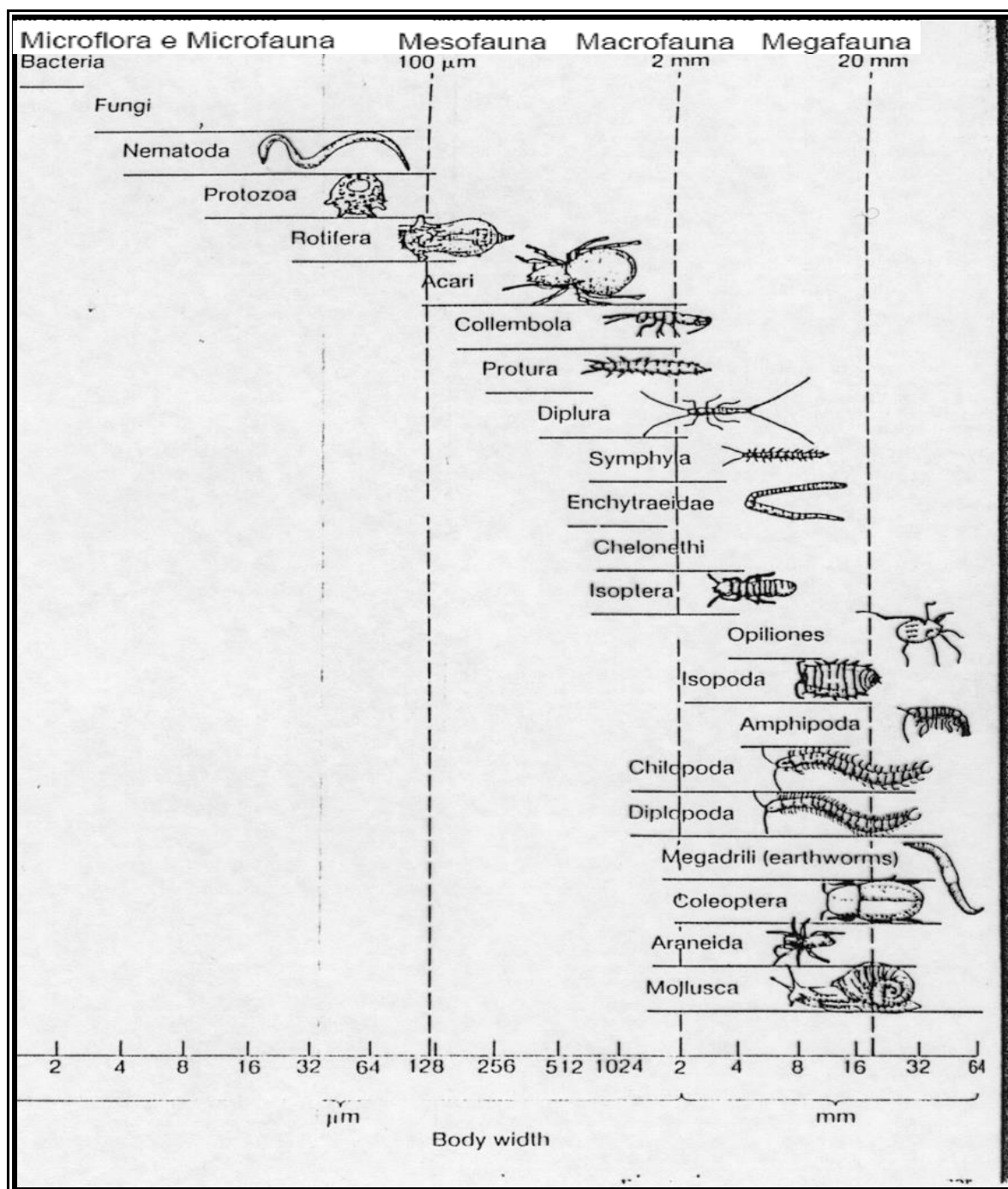


Figura 1. Tamaño de la fauna edáfica (BLAIR *et al.*, 1996).

2.4. Biodiversidad

HALFFTER *et al.*, (2001) mencionan que la definición más difundida de biodiversidad es la incluida en la Convención de Diversidad

Biológica, según la cual es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. El conocimiento de la diversidad biológica de manera directa y sencilla es inventariarla el lugar. Un inventario implica la catalogación de los elementos existentes en un tiempo dado, en un área geográficamente delimitada. Teóricamente, los inventarios incluyen el muestreo, catalogación, cuantificación y cartografiado de entidades como genes, individuos, poblaciones, especies, ecosistemas y paisajes; además de sintetizar la información resultante para su análisis. Los inventarios deben ser más que simples listas. En general, sintetizan información sistemática, ecológica para dar una visión de la biodiversidad en un tiempo, espacio determinado y establecer así el conocimiento básico para evaluar su cambio.

2.4.1. Distribución de la biodiversidad

Las especies se encuentran repartidas de forma irregular entre los diversos grupos de organismos y en las distintas regiones del planeta. Se han descrito poco más de un millón y medio de especies vivientes. De ellas, aproximadamente un millón corresponde a animales y medio millón a plantas. Más de la mitad del total de los organismos vivientes son insectos 53%, mientras que grupos relativamente bien conocidos como los vertebrados y las plantas con flores representan únicamente el 3 y 15% de la biodiversidad total. Esta heterogeneidad entre los distintos grupos taxonómicos es el resultado de

los cambios evolutivos que se han presentado desde el surgimiento de la vida en el planeta (hace aproximadamente 3,500 millones de años) hasta nuestros días (HALFFTER *et al.*, 2001).

2.4.2. Valor de la biodiversidad

ETTER (1991), indica que la biodiversidad es un término que hoy en día es usado para referirse a la diversidad de los sistemas biológicos a niveles genéticos, de especies y de sistema ecológicos, por tanto la biodiversidad es la información genética contenida en la biota del globo, la diversidad de especies de plantas, animales y de todos los microorganismos que habitan en el planeta; ya la diversidad de hábitats, de ecosistemas y de procesos ecológicos. La gran mayoría de las discusiones sobre biodiversidad se concentra en las especies, pero los niveles de genética y ecosistema también reciben atención.

2.5. Diversidad

Es una cualidad presente en todos los niveles de organización de la organización de la vida y podríamos definirla como la variación que tiene expresión en todos los sistemas biológicos, desde los genes, hasta los que encontramos en los ecosistemas y hábitats, incluyendo toda la variación que ocurre entre y dentro de las especies. A las características de las comunidades que mide ese grado de complejidad se llama diversidad (ETTER, 1991).

FRANCO (1989) afirma que existe una cantidad considerable de índices que estiman la diversidad de una comunidad, de estos, los que se basan en la teoría de la información son los que mayor impulso han tenido a pesar de sus limitaciones de Shannon Weiner ajustados al índice de Equitatividad, como también el índice de Heterogeneidad de Simpson. Este último cuantifica la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad infinita pertenezcan a la misma especie.

En los estudios de la conservación de la naturaleza el interés está centrado en la variación de la riqueza de especies, bajo tal premisa es necesario utilizar índices que tomen en cuenta a las especies menos abundantes, es decir a las especies raras por tanto se utiliza el Índice de Shannon Wiener.

2.5.1. Riqueza biológica

FRANCO (1989) manifiesta que la riqueza de especies es inherente al concepto mismo, puesto que la riqueza en especies es una medida de la cantidad de especies dado un determinado número de individuos o área y su valor es independiente del tamaño de la muestra.

2.5.2. Diversidad alfa

HALFFTER *et al.* (2001) mencionan que la riqueza de especies de una comunidad particular considerada como homogénea. Con un enfoque pragmático, para esta estrategia restringimos el término de diversidad alfa al

conjunto de especies del grupo indicador que coexisten en un área homogénea del paisaje. Dicha área es la unidad de muestreo, es decir, el fragmento de vegetación que estudiamos en términos generales equivalente a una muestra de una comunidad. Desde luego, en el interior de cada fragmento puede existir cierta heterogeneidad relacionada con la pendiente del terreno, el efecto de borde, la distancia a cuerpos de agua, etc. Estas variables o factores pueden incluirse en el diseño de muestreo para un análisis más fino, aunque su inclusión puede complicar dicho diseño, así como el tiempo y esfuerzo de la colecta de datos.

Una vez determinada la diversidad alfa de cada fragmento, se puede conjuntar la información de varios fragmentos para obtener la diversidad alfa correspondiente a cada tipo de vegetación y uso de suelo, o a las zonas de conservación dentro de la reserva, o a una combinación de éstas (HALFFTER *et al.*, 2001).

FRANCO (1989) indica que para cuantificar la diversidad se han elaborado diferentes Índices, así tenemos: Considerando el criterio de la Heterogeneidad.

2.5.2.1. Índice de diversidad de Shannon - Wiener (H')

Es la medida del grado de incertidumbre que existe para predecir la especie a la cual pertenece un individuo extraído aleatoriamente de la comunidad. Para un número dado de especies e individuos, la función tendrá un valor mínimo cuando todos los individuos pertenecen a una misma especie y

un valor máximo cuando todas las especies tengan la misma cantidad de individuos.

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

Los valores que se obtiene con este índice generalmente están entre 1.5 y 3.5 y raramente sobrepasa a 4.5. Una característica de Shannon – Wiener es su sensibilidad a los cambios en la abundancia de las especies raras; por ello es aplicable en los estudios de conservación de la naturaleza (MORENO, 2001).

2.5.2.2. Índice de Equitatividad

Para establecer los resultados en una escala de valores de 0 a 1, se recurre al Índice de Equitatividad cuya fórmula es la siguiente:

$$E = J = \frac{H'}{H_{MAX}}$$

E : Equitatividad

2.6. Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS)

El Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, presenta una altitud que va desde los 667 msnm hasta los 1092 msnm, esta variable tiene un comportamiento lineal que se va incrementado de Oeste

a Este. Se diferencia en el paisaje tres unidades fisiográficas bien definidas: colinas bajas hasta los 80 metros de altura sobre la base local, colinas altas desde los 80 hasta los 300 metros y montaña baja con altitudes que superan los 300 metros sobre la base local. Las tres zonas con mayor área son las que presentan pendientes de los tipos; empinado a muy empinado (33.12 ha), muy empinado a fuertemente empinado (22.36 ha) y fuertemente empinado a extremadamente empinado (15.26 ha), con valores superiores al 25% de pendiente y en conjunto constituyen el 70.74% del total del BRUNAS.

El 70.74% del área total del BRUNAS presenta una pendiente que corresponde a los rangos desde empinado a extremadamente empinado cuyos valor superan al 25%, lo que indica que pertenece a una zona eminentemente de protección.

El 47.19% del área total del BRUNAS, presenta una orientación hacia el Oeste, debido a que la morfología del terreno constituye una ladera orientada principalmente al Occidente (PUERTA, 2007).

2.6.1. Composición florística

Son pocos los estudios cuantitativos sobre la diversidad forestal del BRUNAS dentro de los cuales se incluye el trabajo realizado por RODRÍGUEZ (2000), quien menciona que la especie huangana caspi (*Senefeldera inclinata* Franco *et. al.*) es dominante en el bosque primario del BRUNAS, seguido de las especies siringa (*Hevea brasiliensis* (Will) M.Arg. S.V.), cicotria (*Psychotria caerulea* R. & P.), huamansamana (*Jacaranda copaia* (c. Mart. Ex Ad. DC) A.

Gentry), caimito (*Pouteria caimito* (Ruiz López-Pavón) Radlk), cetico (*Cecropia sciadophylla* C. Martius), cumala (*Virola pavonis* (ADC) A.C. Smith), apuleya (*Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J.F. Macbride), y moena (*Nectandra magnoliifolia* Mez).

Mientras que en la parte de bosque secundario del BRUNAS la especie shimbillo (*Inga alba* (Swartz) Will) es la que presenta mayor número de individuos seguido de sacha uva (*Schefflera morototomi* (Aublet) Maguire *et. al.*), quina (*Cinchona officinalis* L. Micrantha), paliperro (*Vitex psedolea* L.), machimango (*Couratori macrosperma* A. C. Smith), carahuasca (*Guatteria modesta* R. E. Fries), cumala (*Iryanthera tricornis*), renaco (*Ficus killipii* (ARG) ARG.), moena (*Persea grandis* Mez.), papaya caspi (*Jacaratia digitata* (OPEP end Soldin Mart)), mauba (*Vochyssia lomathophylla* Stand.), tortuga caspi negra (*Marila laxiflora* Rugby), y caimitillo (*Pourouma minor* Benoist).

2.7. Estudios 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, los factores físicos del ambiente como la humedad, temperatura y hojarasca en el suelo son 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 (WELLINTON, 1995).

LINARES *et al.* (2007) evaluaron la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco. Los grupos taxonómicos identificados fueron similares en todos los sistemas: bosque primario (BP), bosque secundario manejado (BS), sistema agroforestal de café (SAC) y sistema agroforestal (SA) grupos respectivamente. Los diferentes sistemas estudiados, no presentaron diferencias significantes de la macrofauna del suelo; sin embargo, en el SAC y SA de varios cultivos se encontraron la misma densidad (896 ind m⁻²) seguidas del BP (880 ind m⁻²) y BS (714 ind m⁻²) respectivamente. La biomasa de la macrofauna del suelo fue significativamente mayor en el SAC (18.55 g m⁻²) con predominancia de diplópodos (45%) y oligoquetos (34%) que en el SA (15.45 g m⁻²), BP (9.64 g m⁻²) y BS (8 g m⁻²). Los resultados muestran que la diversidad de especies vegetales en el sistema agroforestal de café y sistema agroforestal de varios cultivos pueden haber contribuido para mayores densidades de la macrofauna y probablemente también a la visible humedad observada en estos.

VARGAS *et al.* (2005) realizaron un estudio sobre la recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cocales) en la Selva Alta del Perú. La investigación ha sido desarrollada en la región Huánuco, provincia Leoncio Prado, distrito Daniel Alomía Robles, a una altitud de 610 msnm, con una precipitación promedio anual de 3 300 mm y temperatura promedio de 24 °C. Las leguminosas establecidas fueron *Centrosema macrocarpum*, *Pueraria phaseoloides* y *Arachis pintoi*. Luego de tres años, la textura del suelo ha variado de pesada a media, el pH de fuertemente ácido pasó a medianamente ácido, la materia orgánica ha

disminuido (*Arachis pintoi* aportó menor cantidad, similar al testigo). El fósforo pasó de bajo a normal y el potasio de bajo a medio. La diversidad de familias de macroinvertebrados se incrementó de siete a veintitrés, y la cantidad de organismos de 37 millones a 58 millones/ha. *Centrosema macrocarpum* incorporó al suelo aproximadamente 1,6 t/ha/año de materia seca, *Arachis pintoi* 0,49; y *Pueraria phaseoloides* 1,30. Esta última alcanzó una cobertura de 99,40%, mientras *Arachis pintoi* 75,60% (menor a todas)

Según PASHANASI (2002), la densidad total de macrofauna en Pucallpa, Perú, es de 382 ind m⁻² y 853 ind m⁻² en un Bosque Primario no intervino e intervenido respectivamente, y la densidad promedio en un Bosque Secundario es de 313 ind m⁻², así mismo en el Sistema Agroforestal varía de 512 ind m⁻² a 2651 ind m⁻² a 557 ind m⁻². Asimismo PASHANASI (2002) en Yurimaguas, Perú, registró 446 ind m⁻² en promedio para el Bosque Secundario. De igual manera en la Región Loreto, Perú, TAPIA - CORAL (2004) registró un total de 2281 ind m⁻² en un Bosque Secundario, 3702 ind m⁻² en una plantación forestal de *Simarouba* y en plantación de *Cedrelinga* 2176 ind m⁻²; el Bosque Primario un total de 2482 ind /m². MWANGI (2004) en Embu (Kenya), para el ecosistema forestal de *Calliandra* y *L. leucocephala* registra 13056 ind m⁻² y 32643 ind m⁻² para el agroecosistema con cultivo de maíz (*Zea mays* L.). MARIN y FEIJO (2003), en un cacaotal de Colombia encontró 1483 ind m⁻². En Tingo María, Perú, en terreno degradado por el cultivo de coca (*Eritroxylum coca* Lamarck), se encontraron 800 ind m⁻² y luego de 4 años de haberle implantada leguminosas rastreras, la densidad de macroinvertebrados aumentó a 7000 ind m⁻² (VARGAS *et al.*, 2002).

Las siguientes unidades taxonómicas pertenecen a un Bosque Primario no intervenido: Formicidae, Oligochaeta y Coleóptera, Bosques Primario intervenido: Oligochaeta, Isóptera y Formicidae (PASHANASI, 2002). El cacaotal está representado por Formicidae, Oligochaeta, y Coleóptera (MARIN y FEIJO, 2003).

Según TAPIA - CORAL (2004), en la plantación forestal de *Cedrelinga* las isópteras (2459 g m^{-2}) fueron las más abundantes. Así también la mayor densidad de Orthóptera (19 g m^{-2}), Diplópoda (78 g m^{-2}) y Oligochaeta (115 g m^{-2}) ocurrió en el Bosque Secundario; los grupos Formicidae (749 g m^{-2}) y Homóptera (29 g m^{-2}) los más abundantes en el Bosque Primario.

Según WELLINGTON (1995), la mayoría densidad poblacional ocurre en el estrato superficial del suelo (0 – 10 cm de profundidad). Además, señaló que hay un decrecimiento gradual en la densidad de los artrópodos con la profundidad del suelo y que algunos grupos son más abundantes en los estratos más profundos del suelo. Así mismo el mismo autor verificó en Estados Unidos que los factores físicos del ambiente, tales como humedad del suelo, temperatura del suelo y presencia de hojarasca en el suelo, fueron de mayo importancia en el determinación de la distribución vertical y de la abundancia de los artrópodos del suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación política

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS); políticamente ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado y región Huánuco; con una altitud de 660 msnm.

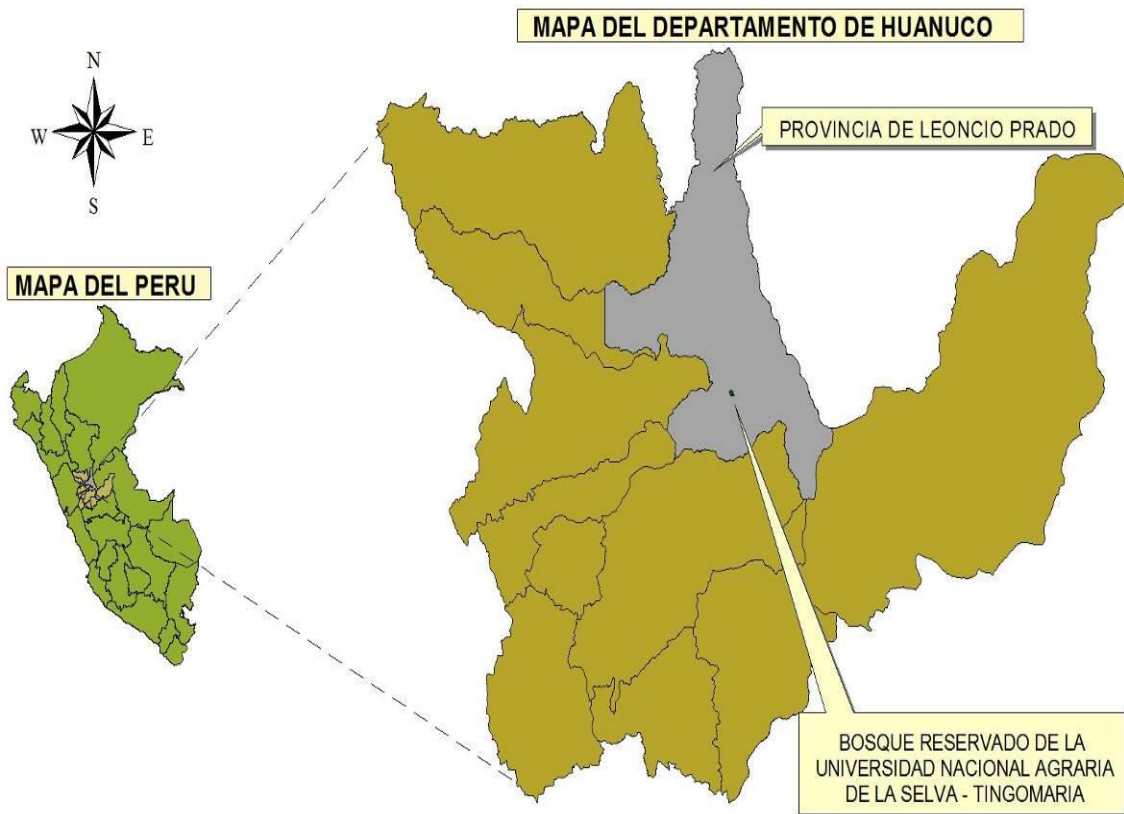


Figura 2. Ubicación del lugar de ejecución.

Cuadro 3. Coordenada de las zonas en estudio.

Zona de estudio	Coordenadas		Área (ha)
	Este	Norte	
Pastizal	390526	8970965	2.5
Bosque secundario	390583	8970948	106.49
Bambuzal	390561	8970662	4.55
Tornillal	391171	8970496	4.65
Cacaotal	390930	8969796	3.26

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2. Características ambientales de la zona del experimento

La zona de investigación de acuerdo al mapa ecológico y el sistema de HOLDRIDGE (1987), corresponde a la formación de bosque muy húmedo pre montano tropical (Bmh – pt). Tiene una humedad relativa de 80%, temperatura media anual de 24 °C, y precipitación de 3300 mm (Estación meteorológica José Abelardo Quiñones, 2012).

3.1.3. Geología

Estos suelos son clasificados, de acuerdo a su aptitud de uso, como tierras aptas para la producción forestal (F) y tierras de protección (X).

3.1.4. Fisiografía

Los terrenos de la UNAS, fisiográficamente se enmarcan en tres grandes paisajes: el gran paisaje de llanura con superficies planas, a plano-onduladas; con material arenoso arcilloso, el gran paisaje colinoso de carácter dominante constituido por lomadas, colinas bajas, colinas altas ligeramente a fuertemente disectadas; y el gran paisaje montañoso calcáreo, caracterizado por presentar elevaciones de gran magnitud (ZAVALA, 1999).

3.1.5. Accesibilidad

Para acceder al BRUNAS, cuenta con un camino forestal en forma de “U” invertida, con una longitud de 2 km, también hay caminos de trocha, que recorren el bosque por sus diferentes áreas y en diferentes direcciones, llegando hasta la cumbre de la montaña conocida como el “Cerro Cachimbo”.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Componentes en estudio

Macroinvertebrados en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.2.2. Materiales y equipos de campo

Dentro de los materiales utilizados podemos considerar, wincha de 50 m, rafia, pala cuadrante de metal con dimensión de 0.25 m x 0.25 m, termómetro.

3.2.3. Materiales y equipos de gabinete

Materiales biológicos colectados, plancha tecnoport, alfileres, pinzas, jeringas, alcohol al 96%, formol al 10%, estufa, estereoscopio, lupa.

3.3. Disposición experimental

En la investigación, se consideró, sistemas de uso de suelo con cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.), con plantación forestal tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke), con plantación de bambú (*Dendrocalamus asper*), con plantación de pasto (*Brachiaria* sp.) y con especies de bosque secundario. Para poder relacionar la macrofauna del suelo en los diferentes sistemas de uso, se evaluaron los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo.

Cuadro 4. Parámetros físicos del suelo.

Parámetros físicos	Método de su determinación
Textura del suelo	Método del hidrómetro de bouyoucos
Temperatura del suelo	Método directo (termómetro)

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999), MOSCATELLI *et al.* (2000) y ACEVEDO *et al.* (2000).

Cuadro 5. Parámetros químicos del suelo.

Parámetros químicos	Método de su determinación
Materia orgánica	Método de Walkley y Blakc
Reacción del suelo	Método del potenciómetro
Nitrógeno total	% MO x 0.045
Fósforo disponible	Método de Olsen modificado

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999), MOSCATELLI *et al.* (2000) y ACEVEDO *et al.* (2000).

Cuadro 6. Parámetros biológicos del suelo.

Parámetros biológicos	Método de su determinación
Densidad de la Macrofauna	Método directo por conteo
Biomasa de la Macrofauna	Método directo por conteo
Diversidad de Macrofauna	Método de Shannon - Wiener

Fuente: DORAN y LINCOLN (1999), MOSCATELLI *et al.* (2000) y ACEVEDO *et al.* (2000).

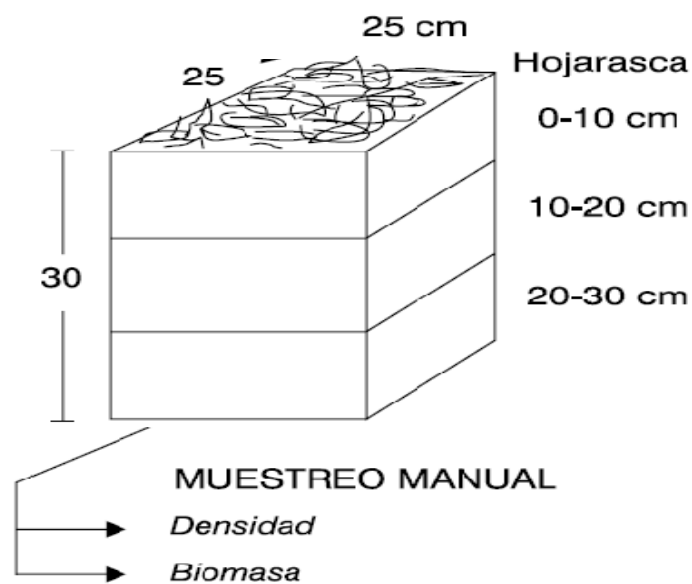
3.4. Metodología

3.4.1. Reconocimiento de la zona de estudio

Se realizó un recorrido por las áreas con diferentes tipos de uso del suelo que se les da actualmente ubicadas en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS) para la ubicación aleatoria de los transectos de muestreo, para lo cual en cada uno se trazó una línea recta y se tomaron ocho muestras separadas 5 metros.

3.4.2. Muestreo de macroinvertebrados

Se tomó un volumen de suelo de 25 x 25 x 30 cm, dividiendo el monolito en tres estratos 0 -10 cm incluyendo hojarasca, 10 - 20 cm y 20 – 30 cm (Anderson e Igram, 1993; citados por LINARES *et al.*, 2007).



Fuente: Anderson e Igram, 1993; citados por LINARES *et al.*, 2007.

Figura 3. Monolito para muestreo.

Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de entomología que pertenece a la Facultad de Agronomía, fueron llevadas en bolsas de polietileno debidamente codificadas. De cada muestra, los macroinvertebrados fueron colectados con una pinza sobre bandejas plásticas y se conservaron en alcohol al 96% y en formol de 10% las larvas e insectos de cuerpo no endurecido (DECAËNS *et al.*, 2001). Posteriormente se hizo el conteo y valorización de la biomasa, los organismos se identificaron hasta nivel de Orden, con ayuda de un especialista y se registraron en una matriz de datos.

3.4.3. Muestreo y análisis de suelos

Para determinar las propiedades físicas y químicas de los suelos, se tomaron muestras superficiales de 0 – 30 cm en cada sistema de uso del suelo, estas muestras fueron enviadas al laboratorio de suelos para su respectivo análisis.

3.5. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron introducidos en una matriz de doble entrada en el programa Microsoft Excel.

Para la determinación de la densidad e índices de diversidad se utilizaron las siguientes fórmulas:

Riqueza de especies (s)

Número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (MAGURRAN, 1987).

Índice de Shannon-Wiener

Se utilizó la fórmula empleada por SMITH y SMITH (2001):

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\ln P_i)$$

Dónde:

H = Diversidad de especies

S = Número de especies

Pi = Proporción de individuos en el total de la muestra que pertenecen la especie

ln = Logaritmo natural

Equidad de Pielou

Se utilizará la fórmula empleada por MAGURRAN (1987).

$$J = H' / \ln S$$

Donde:

J = Es el índice de equidad de Pielou

Ln = logaritmo natural

S = Riqueza de especies

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (MAGURRAN, 1987).

Densidad

Se utilizó un cuadrado de 0.25 x 0.25 m lo que representa 1/16 m² lo cual cada unidad muestreada es multiplicado por 16 para obtener individuos por m² (CORREIRA y OLIVEIRA ,2000).

Biomasa

Al igual que en la densidad los pesos son multiplicados por 16 para obtener las unidades de gramos por m² (CORREIRA y OLIVEIRA ,2000).

3.6. Análisis estadístico

Los datos obtenidos de la cuantificación de la macrofauna encontrada fueron analizadas por el programa estadístico SPSS v 17 (LONDOÑO, 1994).

Para realizar el análisis de varianza se procedió de la siguiente manera (PADRON, 1996):

Cuadro 7. Esquema del análisis de varianza.

FV	GL	SC	CM	FC
Tratamiento*	(t-1)	SCtrat	CMtrat	$\frac{CMtrat}{CMe}$
E. Exp.	(r-1)(t-1)	SCe	CMe	
TOTAL	tr-1	SCtotal		

* Considerado a cada distancia como tratamiento sólo como parte del proceso estadístico.

Para determinar el grado de relación entre las densidad y biomasa con las propiedades fisicoquímicas de los suelos, se realizó el análisis de regresión y correlación simple, basado en los siguientes modelos matemáticos (CALZADA, 1996).

Ecuación de regresión

$$Y_i = a + bX_i + \varepsilon_i$$

Coefficiente de correlación

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \sqrt{n(\sum y^2) - (\sum y)^2}}$$

El coeficiente r de Pearson puede variar de -1.00 a + 1.00 (HERNÁNDEZ *et al.*, 2006), donde:

-1.00 = correlación negativa perfecta. (“A mayor X, menor Y”, de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad, Y disminuye siempre una cantidad constante). Esto también se aplica “a menor X, mayor Y”.

-0.90 = Correlación negativa muy fuerte.

-0.75 = Correlación negativa considerable.

-0.50 = Correlación negativa media.

-0.25 = Correlación negativa débil.

0.00 = No existe correlación alguna entre las variables.

+0.10 = Correlación positiva muy débil

+0.25 = Correlación positiva débil.

+0.50 = Correlación positiva media.

+0.75 = Correlación positiva considerable.

+0.90 = Correlación positiva muy fuerte.

+1.00 = Correlación positiva perfecta

IV. RESULTADOS

4.1. Los suelos y su sistemas de uso

Las áreas donde se realizó la investigación forman parte de Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la selva en la cual están establecidas diferentes sistemas de uso en el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

4.1.1. Sistema de uso con plantación de tornillo (*Cedrelinga cateniformis* Ducke)

En este sistema de uso prevalece la plantación forestal de Tornillo con un área 4.65 hectáreas, presenta un suelo de Textura Arcilloso, con un pH fuerte mente ácido y presencia de materia orgánica medianamente rico.

Cuadro 8. Resultados de analisis de suelo del tornillal.

Muestra	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O%	N	P	T (°C)	H (%)
	Arena %	Limo %	Arcilla%							
S1	17.68	51.04	31.28	Arcilloso	4.07	2.44	0.11	3.86	15.9	75

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

4.1.2. Sistema de uso con plantación de bambú

En esta área estudiada está representada por la plantación de Bambú con un área de 4.55 hectáreas y presenta un suelo con textura arcillosa, con un pH fuertemente ácido y presencia de materia orgánica rico.

Cuadro 9. Resultados de analisis de suelo del bambuzal.

Muestra	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O %	N	P	T (°C)	H (%)
	Arena %	Limo %	Arcilla %							
S2	23.68	43.04	33.28	Arcilloso	4.12	3.05	0.14	1.41	26.6	73

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

4.1.3. Sistema de uso con plantación de pasto

El área estudiado se encuentra establecido pasto (*Brachiaria* sp.), con un relieve accidentado con un área de 2.5 hectáreas, cuya textura de suelo es franco arcillo arenoso, presentando un pH fuertemente ácido y con presencia de materia orgánica pobre.

Cuadro 10. Resultados de analisis de suelo del pastizal.

Muestra	Análisis mecánico (%)			Textura	pH	M.O %	N	P	T (°C)	H (%)
	Arena	Limo	Arcilla							
S3	59.68	25.04	15.28	Fr Ar a*	4.48	0.61	0.03	3.12	29.9	73

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

* Franco Arcillo arenoso

4.1.4. Sistema de uso bosque secundario

Esta área estudiada se encuentra representada por una zona con características de un bosque intervenido cuyo suelo presenta una textura arcillosa, pH fuertemente ácido materia orgánica medianamente rico.

Cuadro 11. Resultados de analisis de suelo del bosque secundario.

Muestra	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O				
	Arena %	Limo %	Arcilla %			N	P	T (°C)	H (%)	
S4	19.68	41.04	39.28	Arcilloso	4.37	2.44	0.11	2.15	28.1	60

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

4.1.5. Sistema de uso cultivo de cacao

Esta área está representado con 3.26 hectáreas en la que se encuentra establecido el cultivo de cacao y presenta un suelo de textura arcilloso, pH fuertemente ácido y materia orgánica pobre.

Cuadro 12. Resultados de analisis de suelo del cacaotal.

Muestra	Análisis mecánico			Textura	pH	M.O%	N	P	T (°C)	H (%)
	Arena %	Limo %	Arcilla %							
S5	15.68	57.04	27.28	Arcilloso	4.2	0.61	0.03	2.37	26	71

Fuente: Laboratorio de suelos UNAS.

4.2. Macroinvertebrados del suelo

4.2.1. Densidad y Biomasa

En los primeros 10 cm se encontró mayor número de macroinvertebrados, en el pastizal 1648 ind./m², seguido de las plantación de cacao con 864 ind./m², bosque secundario, plantación de tornillo y finalmente la plantación de bambu con 224 ind./m² (Cuadro 13 y Figura 4). Además se ha encontrado que menor número de individuos presenta el bosque secundario entre los 10 – 20 cm con un valor de 128 ind./m², de la misma manera los bosques secundarios presentan menor número de individuos entre los 20-30 cm con un valor de 16 ind./m².

Cuadro 13. Densidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo ubicados en la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Sistema de uso del suelo	Individuos/m ²			Total
	0 cm - 10 cm profundidad	10 cm – 20 cm profundidad	20 cm – 30 cm profundidad	
Tornillal	544	512	96	1152 ind/m ²
Bambuzal	224	224	48	496 ind/m ²
Pastizal	1648	656	400	2704 ind/m ²
Bosque	560	128	16	704 ind/m ²
Cacao	864	224	112	1200 ind/m ²
Totales	3840 ind/m ²	1744 ind/m ²	672 ind/m ²	

Fuente: Elaboración propia.

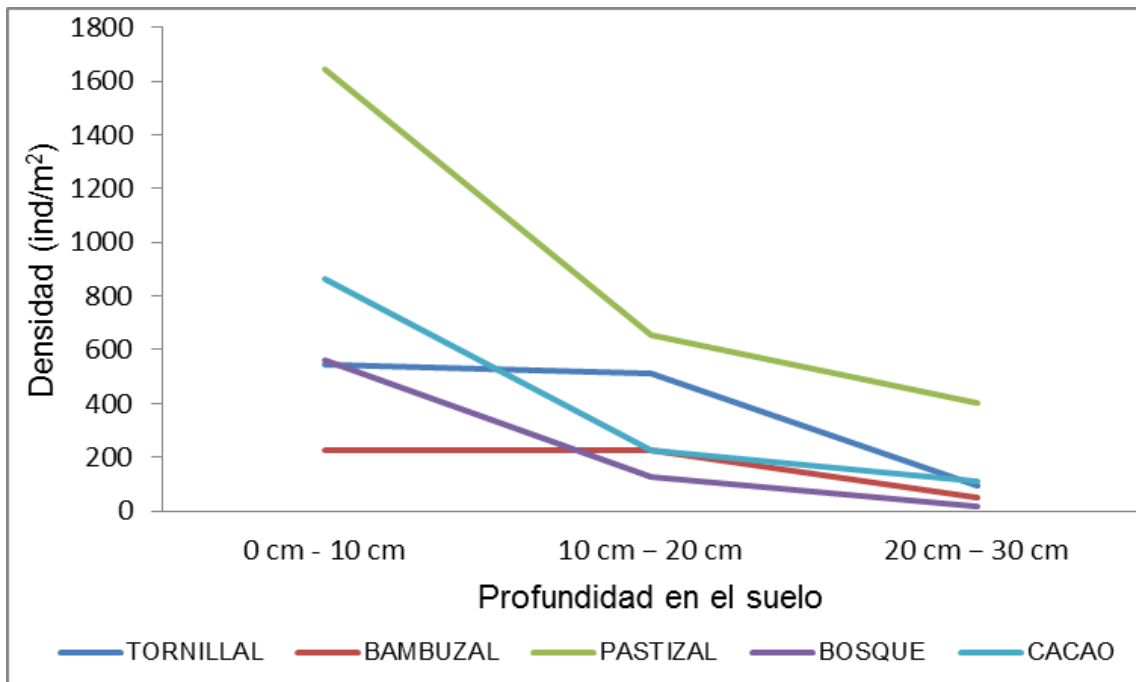


Figura 4. Densidad de macrofauna a diferentes profundidades de suelos extraídas de diferentes sistemas de uso de suelos.

Cuadro 14. Análisis de varianza de la densidad de macrofauna en profundidades de suelos de diferentes sistemas de uso.

FV	GL	0 cm - 10 cm		10 cm - 20 cm		20 cm - 30 cm	
		CM	Sig.	CM	Sig.	CM	Sig.
Sistemas	4	879744	<0.0001**	150681.6	<0.0001**	70502.4	<0.0001**
Error	10	248		436.2		55.4	
Total	14						

**Alta significancia estadística.

Cuadro 15. Prueba Tuckey (0.05) respecto a la densidad de macrofauna encontrados en profundidades de suelos en sistemas de uso.

Sistemas de uso	0 cm - 10 cm		10 cm - 20 cm		20 cm - 30 cm	
	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.	Prom.	Sig.
Pastizal	1648	a	656	a	400	a
Cacaotal	864	b	224	c	112	b
Bosque secundario	560	c	128	d	16	d
Tornillal	544	c	512	b	96	b
Bambuzal	224	d	224	c	48	c

Fuente: Elaboración propia.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los usos de suelo para la variable densidad de la macrofauna. Según la prueba de Tukey el número de individuos fue significativamente diferente en las distintas profundidades del suelo. El mayor valor correspondió a la profundidades 0 - 10 cm con respecto a la de 20 - 30 cm. También se encontraron diferencias entre las profundidades 0 - 10 y 10 - 20 cm. Asimismo no hubo diferencias significativas con respecto al bosque secundario y tornillal a una profundidad de 0 - 10 cm.

Respecto a la biomasa encontrada en el estrato de 0 a 10 cm de los diversos sistemas de uso del suelo, se ha encontrado mayor valor en el pastizal (197.61 g/m²), seguido del cacaotal (111.50 g/cm²), bosque secundario

(30.37 g/cm²), tornillal (15.35 g/cm²) y en menor biomasa en el bambuzal (10.27 g/cm²) (Cuadro 16).

Se determinó que la biomasa de la macrofauna en el pastizal y cacaotal presentaron una distribución más prolongada en los primeros centímetros, esto se debe al predominio del grupo taxonomico oligochaeta lo cual no sucedió con los demas sistemas de uso donde se establecieron la plantación de tornillo, bambu y el bosque secundario (Figura 5).

Cuadro 16. Biomasa de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo.

Sistema de uso de suelo	Peso en g/m ²			Total
	0 - 10 cm Profundidad	10 - 20 cm Profundidad	20 - 30 cm Profundidad	
Tornillal	15.35	10.69	1.32	27.36 g/m ²
Bambuzal	10.27	2.99	1.44	14.69 g/m ²
Pastizal	197.61	101.81	32.70	332.13 g/m ²
Bosque	30.37	19.40	0.52	50.29 g/m ²
Cacao	111.50	24.60	20.17	156.26 g/m ²
Totales	365.1056 g/m ²	159.488 g/m ²	56.144 g/m ²	

Fuente: Elaboración propia.

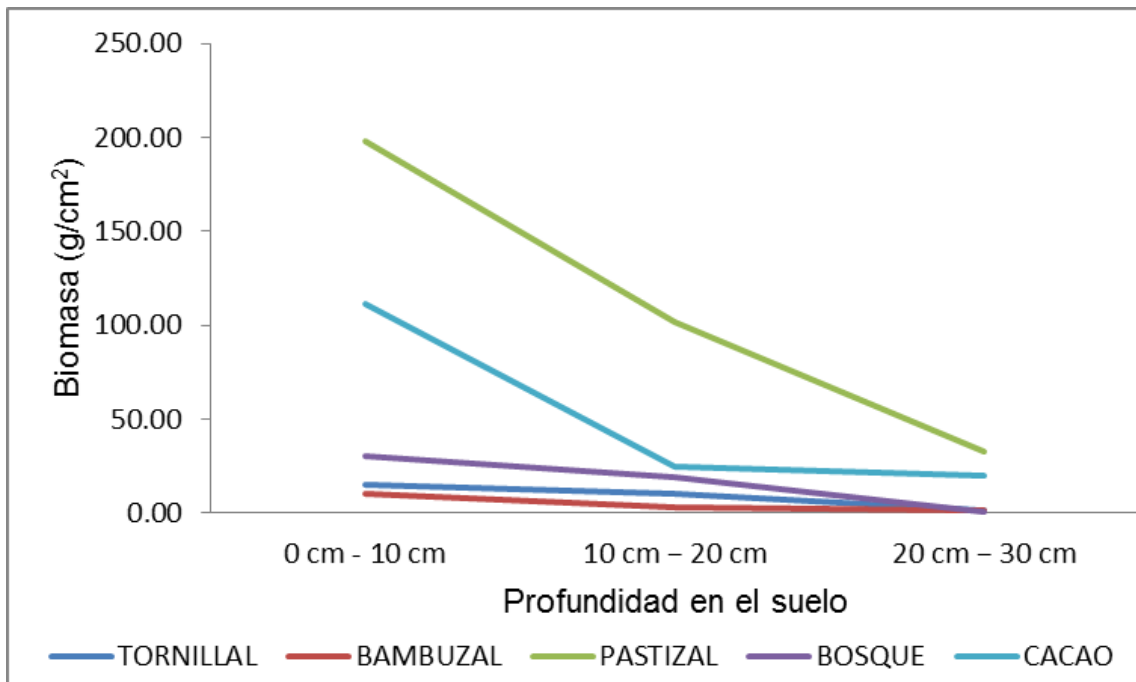


Figura 5. Biomasa de macrofauna a diferentes profundidades de suelos extraídas en diferentes sistemas de uso.

4.2.2. Diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Para determinar la diversidad en los diferentes sistemas de uso del suelo se aplicó los índices de Riqueza de especies (S) de Shannon – Wiener (H') y Equidad (J).

En el presente estudio se encontraron 15 unidades taxonómicas (Cuadro 17) de las cuales los más predominantes fueron los grupos taxonómicos de Himenóptera y coleóptera los que estuvieron presentes en todos los sistemas de uso. Respecto al número de grupos taxonómicos por

sistema de uso tenemos en el sistema de uso con plantación de tornillo y cacao 10 unidades taxonómicas, seguido de la plantación de bambú con un valor de 8, bosque secundario con 7 grupos taxonómicos y por último 5 unidades taxonómicas en el sistema de uso para pastos (Figura 6).

Cuadro 17. Unidades Taxonómicas encontradas en cada sistema de uso.

FILO	CLASE	ORDEN	Unidades muestreadas				
			S1	S2	S3	S4	S5
Annelida	Clitellata	Oligochaeta (lombriz)	16	0	2400	304	416
	Arachnida	Araneae (arañas)	48	32	0	32	16
		Hymenoptera (hormiga)	672	256	176	272	368
		Lepidoptera (mariposa)	32	0	0	0	0
Arthropoda		Coleóptera (escarabajo)	160	16	32	48	80
	insecta	homóptera (chicharras)	64	32	0	0	16
		Isóptera (termitas)	96	64	0	0	0
		Collembola (colémbolos)	0	32	0	0	0
		Díptera (larvas de mosca)	0	0	48	0	48
		Dermáptera (tijereta)	0	0	0	0	48

		Orthoptera (picudo)	0	0	0	16	0
Crustáceo	Isópoda (chanchito del suelo)		16	0	48	16	48
	Scolopendromorpha (cien pies)		32	32	0	16	48
	Miriápodo						
	Polydesmida (mil pies)		0	32	0	0	112
Mollusca	Gasterópoda	Gastropoda (caracol de tierra)	16	0	0	0	0

S₁= Tornillal, S₂= Bambuzal, S₃= Pastizal, S₄= Bosque secundario y S₅= Cacaotal.

Fuente: Elaboración propia.

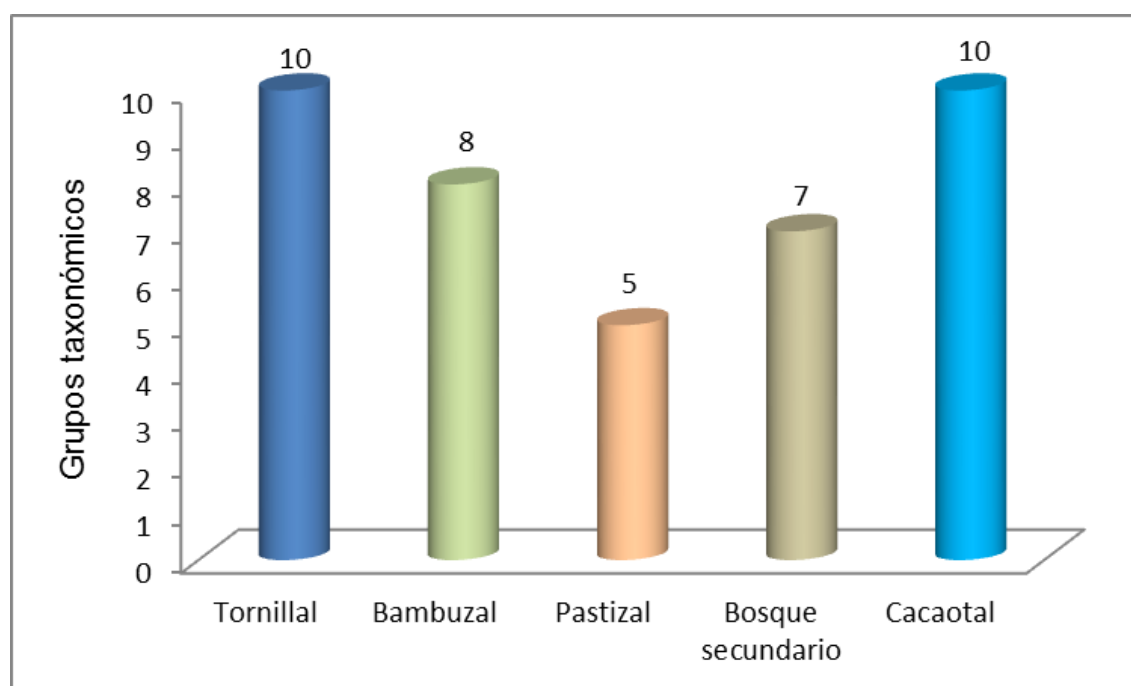


Figura 6. Grupos taxonómicos encontrados en diversos sistemas de uso en el BRUNAS.

La diversidad de macrofauna encontrado en los diferentes sistemas de uso del suelo ubicado en áreas del Bosque reservado de la Universidad

Nacional Agraria de la Selva, de acuerdo al índice de Shannon – Wiener (H') se mostro mayor Diversidad (H' :1.76 nats/individuo), en los suelos con plantaciones de cacao y la diversidad se distribuye de una forma mas equitativa que en los demas sistemas de uso,finalmente el que presento menor diversidad es el suelo donde se encuentra establecido el cultivo de pastos (H' :0.48 nats/individuo), mostrando una distribucion no equitativa. (Cuadro 18 y Figura 7).

Cuadro 18. Índice de diversidad de macrofauna encontrados en diferentes sistemas de uso de suelos.

Índices	Tornillal	Bambuzal	Pastizal	Bosque	Cacaotal
Shannon - Wiener (H')					
Nats/ind.	1.47	1.50	0.48	1.31	1.76
Equidad (E)	0.64	0.72	0.30	0.67	0.77

Fuente: Elaboración propia.

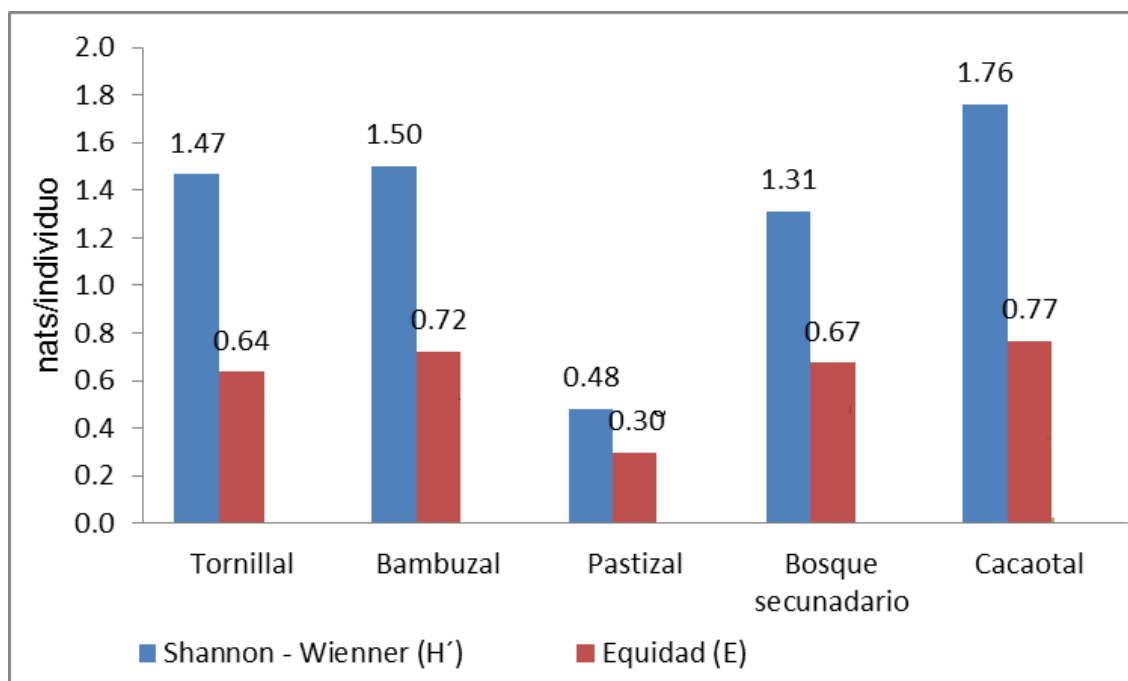


Figura 7. Índices de diversidad.

4.3. Relación entre la macrofauna y algunos parámetros de los suelos

Se ha encontrado que existen relaciones positivas de la densidad y biomasa de macrofauna entre las propiedades físicas como la arena y relaciones negativas con el limo y arcilla también relaciones positivas con los parámetros químicos como el pH y fósforo del suelo, también hay relaciones negativas con la materia orgánica, nitrógeno. Además se ha determinado que la temperatura del del suelo tiene una correlación positiva con la biomasa de la macrofauna, mientras que la humedad del suelo no presenta correlación positiva fuerte (Cuadro 19).

Se ha encontrado mayor coeficiente de determinación entre la disminución de la materia orgánica y el nitrógeno con el incremento de la

densidad de macrofauna del suelo, alcanzando coeficientes de determinación con valores de 58% (Figura 8).

Cuadro 19. Coeficientes de correlación de la relación entre la densidad y biomasa de la macrofauna con algunos parámetros del suelo.

	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH	MO (%)	N (%)	Tem. °C	H (%)
Densidad (ind/m ²)	0.87	-0.65	-0.93	0.65	-0.77	-0.77	0.27	0.34
Biomasa (g/m ²)	0.84	-0.62	-0.91	0.75	-0.87	-0.87	0.53	0.19

Fuente: Elaboración propia.

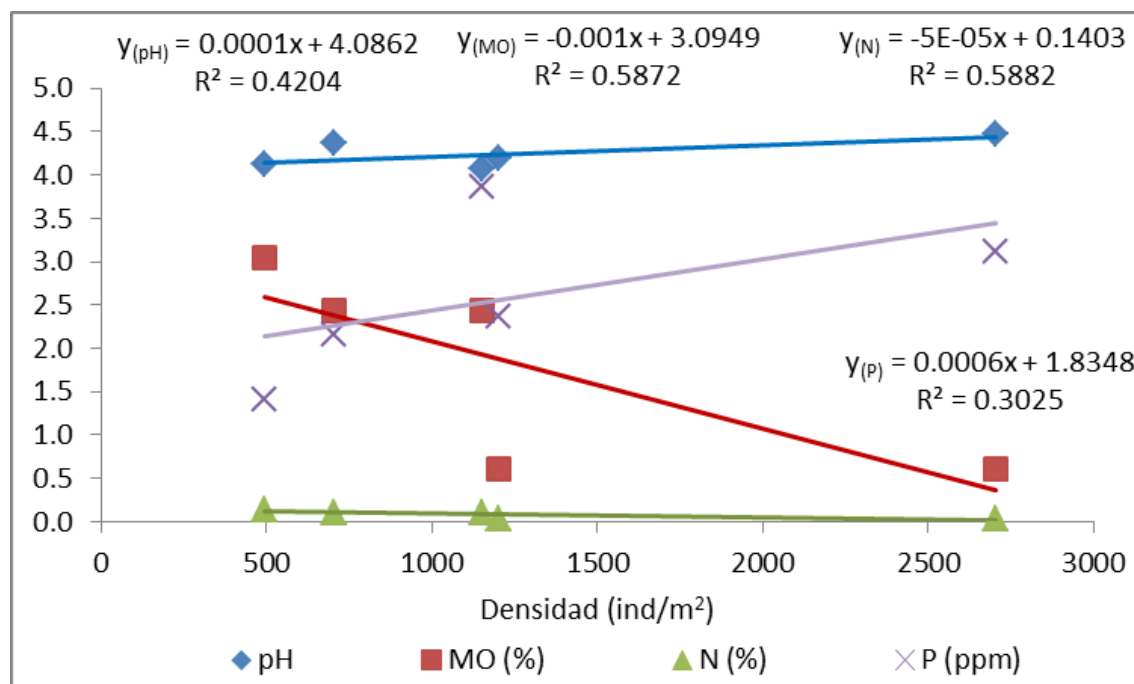


Figura 8. Relación entre algunos elementos químicos del suelo y la densidad de la macrofauna.

V. DISCUSIÓN

5.1. Densidad y biomasa de macrofauna en diferentes sistemas de uso del suelo en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

Según WELLINGTON (1995), la mayor densidad poblacional ocurre en el estrato superficial del suelo (0 – 10 cm de profundidad). Además, el mismo autor señala que hay un decrecimiento gradual en la densidad de los artrópodos con la profundidad del suelo y que algunos grupos son más abundantes en los estratos más profundos del suelo, este comportamiento mencionado ocurrió en los diferentes sistemas evaluados en presente estudio siendo superior la densidad en los primeros estratos.

La mayoría de los estudios en Bosques tropicales de la Amazonia mostró una abundancia principalmente concentrada en los primeros estratos del suelo (HÖFER, 1996; BARROS, 1999; TAPIA-CORAL *et al.*, 2004; BARROS *et al.*, 2002; BARROS *et al.*, 2003), lo cual se confirma con este estudio.

Los resultados ponen de manifiesto que el cambio en el uso del suelo puede generar variación en la macrofauna como respuesta a modificaciones en la cobertura vegetal, radiación solar, lluvia y propiedades físicas y químicas del suelo (PEÑARANDA y NARANJO, 1988). En el suelo con

el cultivo de pasto se evidenció mayor densidad de macrofauna, por otro lado considerando lo reportado por CORREIA y PINHEIRO (1999); quienes afirman que los tratamientos o sistemas de usos 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. Lo cual discrepamos ya que en el presente estudio la materia orgánica del suelo en el pastizal es pobre y existe mayor densidad con respecto al Bambusal que tiene materia orgánica rico y presenta menor densidad, lo que lleva a pensar que las condiciones son adecuadas para la macrofauna existente, así como la textura lo cual permite la abundancia de lombrices, la capa de raíces del pasto ,hojarasca en diversos grados de descomposición ofrecen alimento, protección y hábitat para la mayor abundancia de la macrofauna lo que no sucede en el bambusal.

La densidad y biomasa del grupo Oligochaeta se manifestó con más abundancia en el sistema de uso con cultivo de pasto , relacionado con lo encontrado por HENROT y BRUSSARD (1997), quienes manifiestan haber encontrado mayor peso y densidad de lombrices en pastos que en cultivos, probablemente por la alta biomasa de raíces del pasto.

Asimismo, LINARES *et al.* (s/d) evaluó la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco. Los grupos taxonómicos identificados fueron similares en todos los sistemas: bosque primario (BP), bosque secundario manejado (BS), sistema agroforestal de café (SAC) y sistema agroforestal (SA) grupos respectivamente.

Los diferentes sistemas estudiados, no presentaron diferencias significantes de la macrofauna del suelo; sin embargo, en el SAC y SA de varios cultivos se encontraron la misma densidad (896 ind.m⁻²) seguidas del BP (880 ind.m⁻²) y BS (714 ind.m⁻²) respectivamente. La biomasa de la macrofauna del suelo fue significativamente mayor en el SAC (18.55 g.m⁻²) con predominancia de diplópodos (45%) y oligoquetos (34%) que en el SA (15.45 g.m⁻²), BP (9.64 g.m⁻²) y BS (8 g.m⁻²). Los resultados muestran que la diversidad de especies vegetales en el sistema agroforestal de café y sistema agroforestal de varios cultivos pueden haber contribuido para mayores densidades de la macrofauna y probablemente también a la visible humedad observada en estos, en el presente estudio se encontró mayores densidades en el sistema de uso para pastos y cultivo de cacao, cuyo abundancia se relaciona a la predominancia del grupo oligochaeta.

Según PASHANASI (2002), la densidad total de macrofauna en Pucallpa, Perú, es de 382 ind.m⁻² y 853 ind.m⁻², en un bosque primario no intervenido e intervenido respectivamente, y la densidad promedio en un bosque secundario es de 313 ind.m⁻², asimismo en el sistema agroforestal varía de 512 ind.m⁻² a 2651 ind.m⁻² a 557 ind.m⁻².

5.2. Diversidad de macrofauna en diferentes sistemas de uso en el Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva

ETTER (1991) manifiesta que hay variación en todos los sistemas biológicos, desde los genes, hasta los que encontramos en los ecosistemas y

hábitats, incluyendo toda la variación que ocurre entre y dentro de las especies. Resultados similares se ha encontrado en la investigación, aduciendo diferentes índices de diversidad en los diferentes sistemas de uso del suelo.

Según el índice de Shannon-Winner (H) el sistema de uso con cacao, fue el más diverso que los otros sistemas de uso estudiados y el menos diverso fue el Sistema con pastos (Cuadro 18). En el Cacaotal se observó que la diversidad se distribuyó de una manera más equitativa que los otros sistemas. El cacaotal y el tornillal ($H': 1.76$ y 1.47 nat/ind), estos difieren en los índices de diversidad donde ambos presentaron el mismo número de grupos taxonómicos, Según Pielou (1969), citado por HAIR (1987) a medida que haya más especies y que estén más cerca de la equidad en su distribución mayor es la diversidad en el sistema lo cual se confirma en el presente estudio.

De las 15 unidades taxonómicas encontradas, la diversidad de macrofauna predominante en el estudio realizado mostró a los grupos taxonómicos de Oligochaeta, e Hymenoptera como los más predominantes en el sistema de uso para pasto, debiéndose, a la predominancia de estos grupos la baja diversidad, confirmando lo reportado por BROWN *et al.* (2001), donde reportan que existe mayor diversidad cuando existe similar número de individuos para cada especie o grupo.

HALFFTER *et al.* (2001) indica que las especies se encuentran repartidas de forma irregular entre los diversos grupos de organismos y en las distintas regiones del planeta; estos resultados ha sido influenciado debido a

las condiciones de temperatura, humedad, hojarasca y las actividades a que fueron sometidos los diferentes sistemas. Lo cual concordamos ya que en este estudio se ha encontrado diferencias, siendo mayor la diversidad en los suelos con plantaciones de cacao, seguido de los suelos con bambú, plantaciones de tornillo, bosque secundario y finalmente en los suelos con pastos.

Por otra parte FRANCO (1989) manifiesta que la riqueza en especies es una medida de la cantidad de especies dado un determinado número de individuos o área y su valor es independiente del tamaño de la muestra, estos datos son variables debido a las condiciones que presentan cada sistema para que existan los seres vivos.

5.3. Relación entre la macrofauna y algunos parámetros de los suelos

Los organismos variaron de acuerdo a las diferentes propiedades químicas encontradas en los suelos, Goyal y Gerba (1999), citados por BARRIOS (2011) indican que la mayor parte de organismos se desarrollan mejor a pH neutro y ligeramente alcalino; también menciona dentro de su estudio los porcentajes de fósforo se relacionaron de forma positiva y significativa con la descomposición y la productividad en bosques nativos. Algo similar se encontró en el presente estudio donde el fósforo tiene relación positiva con la densidad y biomasa

Al respecto, DIGHTON (1997) señala que los factores abióticos del suelo pueden tener un papel importante en la dispersión de los organismos del suelo. La aplicación de vapor o productos químicos al suelo producen

inicialmente un descenso del número de los organismos que componen su población, seguido de un rápido aumento del número de bacterias una vez que ha pasado la acción de la esterilización.

MORALES y SARMIENTO (2002) mencionan que la perturbación agrícola del páramo natural produjo un efecto negativo sobre la edafofauna, reduciendo drásticamente su densidad, riqueza y diversidad, de las cuales, solo la densidad se recupera totalmente después de 6 años de descanso. Se encontraron morfotipos característicos de cada etapa sucesional y del páramo natural, que pudieran ser indicadores de calidad ambiental y/o perturbación. Los resultados muestran una relación positiva entre la riqueza de morfotipos animales y la de especies vegetales ($r^2 = 0.53$) y entre la diversidad de la macrofauna y de la vegetación ($N_1: r^2 = 0.65$; $N_2: r^2 = 0.75$).

ZERBINO (2005) en Uruguay encontró que la composición de las comunidades estuvo relacionada con las propiedades del suelo y la cantidad y calidad de los residuos. En siembra directa, las prácticas de manejo que promueven la presencia de residuos conjuntamente a la diversificación espacial y temporal de especies vegetales alojan comunidades más ricas, diversas y equitativas, con predominio del grupo funcional detritívoros. Por su parte el pastoreo con rumiantes es una perturbación que disminuye la diversidad, equitatividad y abundancia de individuos por unidad de superficie; en el caso de las áreas evaluadas se encontró variación de acuerdo al manejo que se le dio.

VI. CONCLUSIONES

1. La densidad diversidad y biomasa de la macrofauna varió significativamente de acuerdo con el uso del suelo y profundidad predominando las mayores poblaciones y biomasa en el estrato superficial.
2. El sistema de uso que presentó mayor densidad y biomasa es el pastizal con 2704 ind/m² y 332.13 g/m² respectivamente y el sistema de uso con bambu presento la menor densidad y biomasa.
3. En los primeros 10 cm la densidad y biomasa de la macrofauna fue mayor en todo los sistemas de uso, pastizal con 1648 ind/m²,seguido de la plantación de cacao con 864 ind/m², bosque secundario, plantación de tornillo y finalmente la plantación de bambu con 224 ind/m², esto debido a los efectos beneficiosos de residuos vegetales depositados en la superficie, pero tambien dependiendo de los factores ambientales que determinan la abundancia de estos organismos.
4. Se encontró mayor diversidad ($H':1.76$ nats/ind) en los suelos con plantaciones de cacao, y menor diversidad ($H':0.48$ nats/ind) en los suelos con platacion de pasto,tambien se encontraron 15 grupos taxonomicos en todo el estudio de las cuales el grupo himenoptera y coleopteras estuvieron presente todos los sistemas de uso.

5. Existe relaciones positivas de la densidad y biomasa de macrofauna entre las propiedades químicas del suelo como el pH y fósforo del suelo, también hay relaciones negativas con la materia orgánica y nitrógeno.

6. La composición de las comunidades de los distintos usos del suelo respondió a las diferencias en las propiedades del suelo. Los Oligochaeta, estuvieron presente en mayor abundancia en el pastizal fueron suelos con mayor cantidad arena y menor contenido de arcilla y pH más bajos que el resto de sistemas concluyendo así que el contenido de materia orgánica, el estatus nutricional, el pH y la textura del suelo pueden determinar la composición y abundancia de las comunidades de la macrofauna.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar el análisis de las propiedades del suelo a diferentes profundidades para determinar la influencia en el efecto del medio donde viven los organismos.
- En otras investigaciones similares, evaluar los factores ambientales como la iluminación, temperatura ambiental, temperatura del suelo, humedad ambiental entre otros que influyen directamente sobre los organismos.
- De la misma manera, se debe tener en cuenta la edad de los diferentes sistemas de uso de suelos debido a que una característica principal de los organismos esta generalmente en base a la hojarasca que hay sobre los suelos.

VIII. ABSTRACT

With the purpose of determining the diversity, density and biomass of the macrofauna in various systems of Reserved Forest soils of the Universidad Nacional Agraria de la Selva, the investigation was carried out in the Reserved Forest of the Universidad Nacional Agraria de la Selva (BRUNAS), politically located in the district Rupa Rupa, Huánuco region at an altitude of 667 - 1092 meters above sea level. The evaluated system considered as a pasture area, secondary forest, bambuzal, Tornillal and cocoa trees; the method in the sampling is continued of Anderson and Igram, cited by LINARES *et al.* It was determined that the system Tornillal and cocoa trees presented 10 taxonomic groups, followed by the planting of bamboo, secondary forest and finally in the ground where the pasture was established, having between 10 cm of the soil more number of microorganisms was investigated and biomass; increased diversity in soils with cocoa plantations, bamboo, plantations of screw, secondary forest and finally on soils where Pasture was established. In addition, it was found positive relationships in the density and biomass of micro-organisms in the soil chemical properties such as pH and phosphorus from the soil, and negative relationships with organic matter, nitrogen and potassium.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO, V.F., LIMA, D.A., CORREIA, M.E.F., AQUINO, A.M., PEREIRA DOS SANTOS, H. 2000. Fauna de solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto medio do Rio Grande do Sul. In Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, Reunião Brasileira sobre Micorrizas, Simposio Brasileiro de Microbiologia do Solo, Reunião Brasileira de Biologia do Solo. Biodinâmica do solo. Rio Grande do Sul, Brasil.

BARRIOS, L.S. 2011. Efecto del estiércol, aserrín y microorganismo de montaña en la génesis de la estructura del suelo degradado en Bella. Tesis Ing. Recursos Naturales Renovables, mención Conservación de Suelos y Agua. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 118 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 VI. France. 127 pp.

BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R.; LAVELLE, P. 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biol Fertil Soils*, 35:338-347.

- 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, pp.273-280.
- BLAIR, J., BOHLEN, P., FRECKMAN, D. 1996. Soil Invertebrates as indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). *Methods for Assessing Soil Quality Methods*. SSSA, Madison WI. Special Publication no. 49. 291 p.
- BROWN, G.; FRAGOSO, C.; BAROIS, I.; ROJAS P.; PATRÓN, J.; BUENO, J.; MORENO, A.; LAVELLE, P.; ORDAZ, V.; RODRÍGUEZ, C. 2001. *Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos*. México. 31 p.
- BROWN, G.G., I. BAROIS, LAVELLE, P. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36: 177 – 198.
- CALZADA, J. 1996. *Métodos estadísticos para la investigación*. Ed. Jurídica S.A. 3 ed. Lima, Perú. 643 p.

- CORREIA, M.E.F., OLIVEIRA, L.C.M. 2000. De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropédica: Embrapa agrobiología. 46 p.
- 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.
- COYNE, M. 2000. Microbiología del suelo: Un enfoque exploratorio. Madrid, España, Paraninfo.
- DECAËNS, T., JIMÉNEZ, J.J., RANGEL, A.F., CEPEDA, A., MORENO, A.G., LAVELLE, P. 2001. La macrofauna del suelo en la sabana bien drenada de los Llanos Orientales. pp: 111 - 137. En: Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia. Rippstein, G.; Escobar, G. Y Motta, F. (Eds.). Publicación CIAT n° 322. Cali, Colombia. 302 p.
- DIGHTON, J. 1997. The role of a biotic factors, cultivation practices and soil fauna in the dispersal of genetically modified microorganism in soils. Applied soil ecology 5:109-131.
- DORAN, J., LINCOLN, N. 1999. Guía para la evaluación de la calidad del suelo.95 p.

- ETTER, R.J. 1991. PopDyn: an ecological simulation program. *Bioscience* 41: 784-790.
- FRANCO, J. 1989. Manual de ecología. Trillas, México. 94 p.
- HAIR, J. D. 1987. Medida de la Diversidad Ecologica. En; Rodríguez-Tarrés, R. editor. Manual de técnicas de Gestión de Vida Silvestre: 283-288. 4ª. edic. Wildlife Society, Inc. USA.
- HALFFTER, G., MORENO, C.E., PINEDA, E.O. 2001. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. Manuales & Tesis vol. 2.
- HENROT, J., BRUSSAARD, L. 1997. Abundance, and cast quality of earthworms in an acid ultisol under aller-cropping in the humid tropics. *Appl Soil Ecol* 6: 169 – 179.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C., BAPTISTA, P. 2006. Metodología de investigación. 4 ed. McGraw-Hill Interamericana. México. 736 p.
- HOLDRIDGE, L. 1987. Ecología Basada en zonas de Vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 216 p.
- HÖFER, H.; MARTIUS, C.; BECK, L. 1996. Decomposition in an Amazonian rain forest alter experimental litter addition in small plots. *Pedobiologia*, 40:570-576.

- JONES, C.G., LAWTON, J.H., SHACHAK, M. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*, Vol. 69, 373-386 p.
- LINARES, D.E., TAPIA, S.C., GAMARRA, O., TORRES, J. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso de la tierra en el Parque Nacional Tingo María, Huánuco – Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Consorcio Internacional Iniciativa Amazónica para la Conservación y Uso Sostenible de los Recursos Naturales (IA). 5 p.
- LONDOÑO, J.L. 1994. Metodología de la investigación epidemiológica. Universidad de Antioquía. Medellín, España. 247 p.
- MAGURRAN, A.E. 1987. Diversidad ecológica y su medición. Barcelona, España, Vedral. 200 p.
- MARIN, E.P., FEIJO, M.A. 2003. Efecto de la labranza sobre los macroinvertebrados del suelo en Vertisoles de un área de Colombia. Londrina, Embrapa soja. 237 p.
- MORALES, J., SARMIENTO, L. 2002. Dinámica de los macroinvertebrados edáficos y su relación con la vegetación en una sucesión secundaria en el páramo Venezolano. *Ecotrópicos* 15(1): 99 – 110.
- MORENO, C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de

UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.

MOSCATELLI, M.C. 2000. Soil microbial indices as bioindicators of environmental changes in a poplar plantation. *Ecological Indicators*, v. 05, n. 03, p. 171-179.

MWANGI, M., MUGENDI, D.N., KUNG'U, J. B., SWIFT, M.J., ALBRECHT, A. 2004. Soil Invertebrate Macrofauna Composition within Agroforestry and Forested Ecosystems and their Role in litter Decomposition in Ambu, Kenya. 466 p.

OLIVEIRA, E.P. 1996. Estudo dos Invertebrados Terrestres e Distribuição Vertical Em Diferentes Ecossistemas da Amazônia Central. In: XIII Congresso Latino Americano de Ciência do Solo. Águas de Lindóia -SP. Resumo expandido em CD Rom.

PADRON, E. 1996. Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería. México, Trillas. 215 p.

PASHANASI, B. 2002. Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del suelo en Diferentes Sistemas de uso de la tierra en la Amazonia Peruana, *Folia Amazónica*. Lima, Perú. 12(1-2): 75-797.

PEÑARANDA, M.R.; NARANJO, G.M. 1998. Composición y variación de la edafofauna de un oxisol (Petroférrico acroperox) del complejo migmático

de Mitú bajo tres usos diferentes del suelo. Suelos Ecuatoriales (Colombia) 129 p.

PORTA, J., LOPEZ, A., ROQUERO, C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 2da. Edición. Bilbao, España, Mundi prensa. 849 p.

PUERTA, R.H. 2007. Modelo digital de elevación del Bosque Reservado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María – Perú. Tesis Ms Sc. Agroecología. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 64 p.

RAMIREZ , GONZÁLES, A. 1999. Ecología Aplicada. Fundación Universidad de Bogotá. Santa Fe de Bogotá, Colombia. 325p.

SMITH, R.L., SMITH, T.M. 2001. Ecología. West Virginia University, Emeritus. Trad. Francesc Mezquita y Eduardo Aparici. 4 ed. Madrid, España, Pearson Educación, S. A. 664 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 Amazonía peruana. Tesis de doctorado. Instituto Nacional de pesquisas da Amazonía. Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Manaus, Brasil. 154 p.

- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A. 2005. Recuperación, mediante leguminosas rastreras, de suelos degradados (ex cicales) en la Selva Alta del Perú. Mosaico científico 2(2). 6 p.
- VARGAS, Y., VALDIVIA, L.A., ANTEPARRA, M., POCOMUCHA, V. 2002. Evaluación de leguminosas rastreras mejoradoras de las condiciones del Suelos Degradados en Selva Alta – Tingo María. UNAS. 11 p.
- WELLINTON, J. 1995. Abundancia, Distribuicao Vertical e Fenologia da fauna de arthropoda de uma região de agua mista, próxima de Manaus, am. Brasil.
- ZAVALA, W. 1999. Estudio morfopedológico como base para la recuperación de suelos degradados en Tingo María. Tesis Magíster Scientiae en Suelos. Lima, Perú. Escuela de postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- ZERBINO, M. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción. Universidad de la República. Montevideo, Uruguay. 100 p.

ANEXO

Anexo 1. Datos y análisis

Cuadro 20. Parámetros físicos encontrados en los suelos de los diferentes sistemas.

Sistemas	Características del suelo	
	Temperatura (°C)	Humedad (%)
Bosque secundario	28.1	60
Cacao	26	71
Pastizal	29.9	73
Tornillal	15.9	75
Bambuzal	26.6	73

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de tornillo (tornillal).

Profundidad	Grupo taxonómico	N°	Peso total (g)
0 - 10 cm	Himenóptera (Hormiga)	11	0.1957
	Lepidóptera (Larva Mariposa)	2	0.0019
	Aránea (arañas)	2	0.2599
	Coleóptera (escarabajo)	6	0.0924
	Gasterópoda (caracol de tierra)	1	0.0381
	Scolopendromorpha (cien Pies)	1	0.0126

	Homóptera (Chicharras)	4	0.2351
	Isóptera (Termitas)	6	0.0682
	Oligochaeta (Lombriz)	1	0.0557
	Himenóptera (Hormiga)	27	0.4924
	Geophilomorpha (cien Pies)	1	0.0118
10- 20 cm	Isópoda (Chanchito del suelo)	1	0.0301
	Aránea (Arañas)	1	0.1252
	Coleóptera (Escarabajos)	2	0.0087
	Coleóptera (Escarabajos)	2	0.0111
20 – 30	Himenóptera (Hormigas)	4	0.0712

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de bambú (bambuzal).

Profundidad	Grupo taxonómico	Nº de individuos	Peso total (g)
	Homóptera (Chicharras)	2	0.2568
0 - 10 cm	Himenóptera (Hormigas)	8	0.1811
	Aránea (Arañas)	2	0.1821
	Geophilomorpha (Cien pies)	2	0.0219

	Collembola (colémbolos)	2	0.0921
10- 20 cm	Isóptera (Termitas)	4	0.0167
	Himenóptera (Hormigas)	8	0.0778
20 - 30	Polidésmda (Mil pies)	2	0.0839
	Coleóptera (escarabajos)	1	0.0059

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de pasto (pastizal).

Profundidad	Grupo taxonómico	N° de individuos	Peso total (g)
	Oligochaeta (Lombriz)	88	11.2439
	Coleóptera (Escarabajos)	1	0.0728
0 - 10 cm	Himenóptera (Hormigas)	9	0.932
	Díptera (larvas de Mosca)	3	0.0073
	Isópoda (Chanchito)	2	0.0949
10- 20 cm	Oligochaeta (Lombriz)	40	6.3208
	Isópoda (Chanchito del suelo)	1	0.0423

	Oligochaeta (Lombriz)	22	2.0091
20 – 30	Coleóptera (Escarabajos)	1	0.0046
	Hymenóptera (Hormigas)	2	0.0303

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con vegetación intervenida (bosque secundario).

Profundidad	Grupo taxonómica	Individuos	Peso total (gr)
	Himenóptera (Hormigas)	17	0.0311
	Oligochaeta (Lombriz de tierra)	11	1.4218
0 - 10 cm	Geophilomorpha (Cien pies)	1	0.0106
	Isópoda (chanchito del suelo)	1	0.0251
	Aránea (Arañas)	2	0.3181
	Coleóptera(Escarabajos)	3	0.0914
10 – 20 cm	Oligochaeta (Lombriz del suelo)	7	0.9811
	Orthoptera (picudo)	1	0.2316
20 – 30 cm	Oligochaeta (Lombriz del suelo)	1	0.0325

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 25. Unidades Taxonómicas encontradas en el suelo con plantación de cacao (cacaotal).

Profundidad	Grupo taxonómica	Individuos	Peso total (g)
0 - 10 cm	Himenóptera (Hormiga)	23	1.2341
	Isópoda (Chanchito del suelo)	2	0.0923
	Aránea (arañas)	1	0.0871
	Coleóptera (escarabajo)	4	0.0732
	Polidésmida (Mil pies)	1	0.0524
	Geophilomorpha (cien Pies)	1	0.0126
	Homóptera (Chicharra)	1	0.0214
	Díptera (Mosca Larva)	1	0.0056
	Dermáptera (Tijereta)	2	0.1552
10- 20 cm	Oligochaeta (Lombriz)	18	5.2347
	Isópoda (Chanchito del suelo)	1	0.0231
	Díptera (Mosca Larva)	2	0.0038
	Oligochaeta (Lombriz de tierra)	3	1.1311
	Geophilomorpha (Cien pies)	1	0.0321
	Polidésmida (Mil pies)	5	0.2451
10- 20 cm	Dermáptera (Tijereta)	1	0.0934
	Coleóptera (escarabajo)	1	0.0088
20 – 30 cm	Oligochaeta (Lombriz de tierra)	5	1.2141
	Polidésmida (Mil pies)	1	0.0367
	Geophilomorpha (Cien pies)	1	0.0096

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26. Análisis de varianza en la densidad de la macrofauna encontrados entre 0 – 10 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.

FV	GL	SC	CM	F-valor	Significancia
Sistemas	4	3518976	879744	3547.35	<0.0001**
Error	10	2480	248		
Total	14	3521456			

** Alta diferencia estadística.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 27. Prueba Tukey en la densidad de la macrofauna encontrados entre 0 – 10 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.

OM	Sistemas	Promedio	Significancia
1	Pastizal	1648	a
2	Cacaotal	864	b
3	Bosque secundario	560	c
4	Tornillal	544	c
5	Bambuzal	224	d

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 28. Análisis de varianza en la densidad de macrofauna encontrados entre 10 – 20 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.

FV	GL	SC	CM	F-valor	Significancia
Sistemas	4	602726	150682	345.44	<0.0001**
Error	10	4362	436		
Total	14	607088			

** Alta diferencia estadística.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 29. Prueba Tukey en la densidad de macrofauna encontrados entre 10 – 20 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.

OM	Sistemas	Promedio	Significancia
1	Pastizal	656	a
2	Tornillal	512	b
3	Bambuzal	224	c
4	Cacaotal	224	c
5	Bosque secundario	128	d

Letras diferentes muestran diferencias estadísticas.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 30. Análisis de varianza en la densidad de macrofauna encontrados entre 20 – 30 cm de profundidad en suelos con diferentes sistemas de uso.

FV	GL	SC	CM	F-valor	Significancia
Sistemas	4	282010	70502	1272.61	<0.0001**
Error	10	554	55		
Total	14	282564			

** Alta diferencia estadística.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31. Prueba Tukey en la densidad de macrofauna encontrados entre 20 – 30 cm de profundidad en diferentes sistemas de uso.

OM	Sistemas	Promedio	Significancia
1	Pastizal	400	a
2	Cacaotal	112	b
3	Tornillal	96	b
4	Bambuzal	48	c
5	Bosque secundario	16	d

Letras diferentes muestran diferencias estadísticas.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Panel fotográfico



Figura 9. Plantación de bambú.



Figura 10. Bosque secundario.



Figura 11. Plantación de cacao.



Figura 12. Pastizal.



Figura 13. Plantación de tornillo.



Figura 14. Conteo de macrofauna.



Figura 15. Lombriz de tierra.



Figura 16. Especimen del orden Isópoda.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

TRIGO MARIA

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos
#analisisdesuelos@unahs.edu.ec



ANALISIS DE SUELOS

PROPIETARIO: RENGIFO TRIGOZO JUAN PABLO
CULTIVO

PROCEDENCIA:

BRUNAS

Cod. Lab	MUESTRA	ANALISIS MECANICO				pH	M.O.	N	P	K ₂ O	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg					CICe	%		%	
		Arena	Arcilla	Limo	Textura							Ca	Mg	K	Na	Al		H	Bas.Camb		Ac.Camb.
M3670	BS1	19.68	41.04	39.28	Arcilloso	4.37	2.44	0.11	2.15	278.26	---	1.95	0.62	0.00	0.00	1.70	0.26	4.52	56.76	43.24	37.60
M3671	CACAO	15.68	57.04	27.28	Arcilloso	4.20	0.61	0.03	2.37	200.08	---	2.01	0.65	0.00	0.00	2.04	0.09	4.79	55.59	44.41	42.63
M3672	PAST	59.68	25.04	15.28	Franco Arcilloso Arenoso	4.48	0.61	0.03	3.12	200.08	---	1.70	0.47	0.00	0.00	2.30	0.08	4.54	47.60	52.40	50.53
M3673	TCRNILLO	17.68	51.04	31.28	Arcilloso	4.07	2.44	0.11	3.96	174.91	---	1.48	0.46	0.00	0.00	1.70	0.00	3.62	53.02	46.98	46.98
M3674	BAMBU	23.68	43.04	33.28	Arcilloso	4.12	3.05	0.14	1.41	425.34	---	1.46	0.57	0.00	0.00	3.15	0.09	5.25	38.50	61.50	59.89

Fecha: Viernes, 14 de Diciembre de 2012

Recibo N°: 00502315
Muestreado por: El solicitante

