

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS PECUARIAS



**MACROFAUNA DEL SUELO EN DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN
SISTEMAS GANADEROS EN EL DISTRITO DE JOSÉ CRESPO Y
CASTILLO - AUCAYACU**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

HUAMANYAURI BALVIN LUIS MIGUEL

PROMOCIÓN 2010

**Tingo María - Perú
2012**



P34

H83

Huamanyauri Balvin, Luis Miguel

Macrofauna del suelo en diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos en el Distrito de José Crespo y Castillo - Aucayacu. Tingo María, 2012.

57 págs., 8 cuadros, 12 fgrs.; 62 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero Zootecnista) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Zootecnia.

1. MACROFAUNA DEL SUELO 2. SISTEMAS GANADEROS 3. DENSIDAD
4. BIOMASA 5. DIVERSIDAD 6. ORDEN TAXONÓMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280
TINGO MARÍA

"Año de la Integración Nacional y Reconocimiento de Nuestra Diversidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

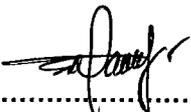
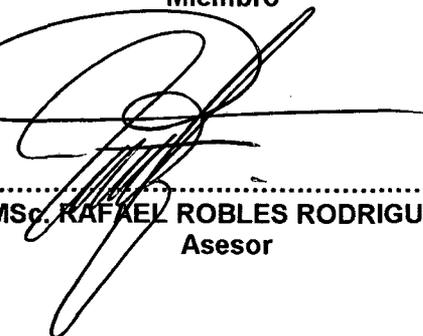
Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 07 de mayo de 2012, a horas 7 p.m. para calificar la tesis titulada:

MACROFAUNA DEL SUELO EN DIFERENTES USOS DE LA TIERRA EN SISTEMAS GANADEROS EN EL DISTRITO DE JOSÉ CRESPO Y CASTILLO- AUCAYACU.

Presentado por el bachiller **Luis Miguel HUAMANYAURI BALVIN**; 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 ZOOTECNISTA**, que será aprobado por el Consejo de Facultad, tramitándolo al Consejo Universitario para la otorgación del título, de conformidad con lo establecido en el Artículo 95, inciso "i" del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 09 de Mayo de 2012

 ----- MSc. EBER CARDENAS RIVERA Presidente		 ----- MSc. JUAN CHOQUE TICACALA Miembro
 ----- Dr. JORGE RIOS ALVARADO Miembro		 ----- MSc. RAFAEL ROBLES RODRIGUEZ Asesor

DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la vida y guiarme en todo el camino de mi formación profesional.

A mis queridos padres:

Huamanyauri Hilario, Lauro Neptali y Cajahuaringa Balvin, Gladis Felipa, por la oportunidad de darme la vida y amor en todo momento.

A mis hermanos:

Tonny Aldo, Edwin Ruben y Anthony Lauro, que me inculcaron con sus sabios consejos que significaron mucho en mi formación académica.

A mis tíos:

Raquel, Leynes, por quienes me dan una razón de seguir adelante, a mis primos Gaby, Bruce, Albeniz, Marcos, Rosell, Egner, quienes de otra manera fortalecieron a mi familia brindándome todo su apoyo.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme la oportunidad de realizarme como profesional.

A la Facultad de Zootecnia, a todos mis profesores, por su apoyo incondicional durante toda mi formación superior y trabajadores en general.

Al encargado del Modulo Lechero Familiar Pecuario de Aucayacu, por haberme brindado la oportunidad de realizar la presente investigación en sus estaciones experimentales.

A mi asesor del presente trabajo de investigación, *M.Sc.* Rafael Robles Rodríguez, y jurados, *M.Sc.* Eber Cardenas Rivera, Dr. Jorge Ríos Alvarado y al *M.Sc.* Juan Choque Ticacala, por su amistad, confianza, apoyo incondicional y los consejos durante la elaboración y culminación de la investigación.

Al técnico de entomología Cesar Augusto Ríos Vásquez, por su colaboración en el laboratorio y su ayuda en la identificación de las especies de macroinvertebrados.

Un agradecimiento especial al Sr. Julián Ismiño Alarcón y al Sr. Clodoaldo Rosales Incarnación, por permitirme ingresar a sus parcelas de pasturas y la obtención de muestras.

A mis amigos Emerson Zaldaña, Richard Valles, karlos Canchanya, Gilman Pulgar, Antonio Baldeón, George Huamancayo, Jacson Cartagena, Liberato Espinoza, Fredy Loyola, Wilmer Guisado, por su apoyo moral e incondicional durante las diferentes etapas de presente trabajo.

A todos mis demás amigos y amigas quienes me brindaron su apoyo, amistad y compañerismo en la presente investigación y vida universitaria.

ÍNDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. Macrofauna del suelo.....	3
2.2. Grupos funcionales de la macrofauna	4
2.3. Clasificación funcional de la fauna del suelo	4
2.3.1. Herbívoros	5
2.3.2. Detritívoros.....	5
2.3.3. Depredadores	6
2.4. Relación macrofauna hábitat	7
2.4.1. Clima.....	7
2.4.2. Característica del suelo.....	8
2.4.3. Prácticas de manejo	9
2.5. Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo	9
2.6. Macrofauna en una pastura	10
2.7. Macrofauna en un sistema silvopastoril	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
3.1. Lugar y fecha de ejecución	15
3.2. Materiales y equipos.....	16

3.2.1. Materiales.....	16
3.2.2. Equipos.....	16
3.3. Metodología.....	17
3.3.1. Sistemas de evaluación.....	17
3.3.2. Muestreo de macrofauna del suelo.....	18
3.4. Variables independientes.....	19
3.5. Variables dependientes.....	20
3.5.1. Densidad (ind.m ⁻²).....	20
3.5.2. Biomasa (g.m ⁻²).....	20
3.5.3. Diversidad.....	21
3.6. Determinación de los parámetros físicos y químicos del suelo.....	22
3.6.1. Humedad del suelo.....	22
3.6.2. pH del suelo	22
3.6.3. Materia orgánica y nitrógeno total..	22
3.7. Análisis estadístico.....	22
IV. RESULTADOS.....	25
4.1. Densidad y biomasa en los sistemas ganaderos.....	25
4.1.1. Densidad y biomasa por sistema.....	25
4.1.2. Densidad y biomasa por estrato.....	27
4.2. Densidad y biomasa por estratos en los sistemas.....	29
4.2.1. Densidad (ind.m ⁻²) por estratos en los sistemas.....	29
4.2.2. Biomasa (g.m ⁻²) por estrato en los sistemas.....	31
4.3. Número de individuos a nivel de Orden en sistemas ganaderos.....	33
4.4. Diversidad o riqueza de especies.....	37
4.5. Parámetros físicos y químicos del suelo.....	38

V. DISCUSIÓN.....	39
5.1. Densidad y biomasa por sistema.....	39
5.1.1. Densidad (ind.m ⁻²).....	39
5.1.2. Biomasa (g.m ⁻²).....	40
5.2. Densidad y biomasa por estrato.....	40
5.3. Densidad (ind.m ⁻²) y biomasa (g.m ⁻²) por estrato en los sistemas.....	41
5.4. Número de individuos a nivel de Orden en sistemas ganaderos.....	41
5.5. Diversidad o riqueza de especies.....	42
5.6. Propiedades del suelo.....	43
VI. CONCLUSIONES.....	44
VII. RECOMENDACIONES.....	46
VIII. ABSTRACT.....	47
IX. BIBLIOGRAFÍA.....	48
X. ANEXO.....	57

Apéndice 1.

Anexo A. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) por sistemas (datos originales)

Anexo B. índice de Shannon – Wiener en los sistemas ganaderos

Apéndice 2. Análisis estadístico.

Anexo A. Análisis estadísticos de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en los sistemas ganaderos.

Anexo B. Análisis estadísticos de biomasa (g.m⁻²) de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos.

Apéndice 3. Imágenes

Anexo A. Imágenes de la colección de muestras.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Fuentes de variación y grados de libertad.....	24
2. Promedio de individuos. m^{-2} y biomasa ($g.m^{-2}$) entre los sistemas evaluados.....	25
3. Promedio de individuos. m^{-2} y biomasa ($g.m^{-2}$), entre diferentes niveles de profundidad.....	28
4. Densidad ($ind.m^{-2}$) en diferentes niveles de profundidad (estratos), evaluados en cuatro sistemas ganaderos de uso de la tierra...	30
5. Biomasa ($g.m^{-2}$) en diferentes niveles de profundidad (estratos), evaluados en cuatro sistemas ganaderos de uso de la tierra.....	32
6. Sumatoria de individuos por m^{-2} en los sistemas ganaderos.....	33
7. Riqueza específica (S), índice de Shannon - Wiener (H') e índice de equidad (J) de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos.....	37
8. Resultado del análisis del suelo: humedad, pH, materia orgánica y nitrógeno total; en los sistemas de uso del suelo.....	38

ÍNDICE DE FIGURA

Figura	Página
1. Plano de ubicación de fincas ganaderas evaluadas.....	15
2. Metodología de muestreo por Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF)....	19
3. Densidad total (ind.m ⁻²) de la macrofauna del suelo en Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).....	26
4. Biomasa total (g.m ⁻²) de la macrofauna del suelo en Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).....	27
5. Número de individuos.m ⁻² por estratos (profundidad).....	28
6. Biomasa total (g. m ⁻²) por estrato o niveles de profundidad.....	29
7. Densidad (ind.m ⁻²), en diferentes niveles de profundidad: Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Natural sin Árboles(ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).....	31
8. Biomasa (g.m ⁻²), en diferentes niveles de profundidad: Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).....	32

9. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura	
Mejorada con Árboles (ST4).....	34
10. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura	
Mejorada sin Arboles (ST3).....	35
11. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura	
Natural sin Arboles (ST2).....	36
12. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura	
Sobrepastoreada (ST1).....	37

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la macrofauna del suelo en distintos sistemas ganadero tales como: Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1). Se utilizó la metodología recomendada por el Programa Fertilidad y Biología de Suelos Tropicales (TSBF); en cada sistema se muestrearon 8 monolitos de 25 x 25 x 30 cm, del transepto cada 10 m. En cada monolito se separaron individuos presentes en cuatro estratos (hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm); la cual fue contada, pesada e identificada a nivel taxonómico de Orden. Se utilizó estadística descriptiva para evaluar la densidad y biomasa entre los cuatro sistemas. Para densidad (ind.m^{-2}) muestran significancia los sistemas evaluados, resultando con mayor densidad los sistemas con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) y Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), (687,12 y 900,18 ind.m^{-2} respectivamente). Para biomasa (g.m^{-2}) en el estrato de hojarasca, destacó el sistema (ST4) con 27,8 g.m^{-2} . El mayor porcentaje correspondió a Órdenes de Haplotaxida, isópteras e Hymenópteras (ST3 y ST4), en cuanto a ST2 y ST1 (Haplotaxida, Hymenóptera y Coleóptera). Para riqueza según el índice de Shannon, el sistema con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) ($H' = 1,48$), fue el más diverso, respecto a los demás sistemas. Los resultados confirman que los diversos sistemas de uso ganadero influyen en la macrofauna del suelo.

I. INTRODUCCIÓN

El manejo inadecuado de los suelos contribuye a la pérdida gradual de su fertilidad, lo que constituye un factor de considerables dimensiones en los suelos ganaderos (CRESPO, 2002), por lo que resulta necesario buscar alternativas que promuevan un incremento en los rendimientos y que a su vez no provoquen daños en la fertilidad edáfica.

Sin embargo, la naturaleza y los mecanismos de las interacciones entre los microorganismos del suelo y la dinámica de los procesos químicos en los suelos de la Amazonía son aún poco conocidos y posiblemente, dependientes de las cantidades y calidades de la hojarasca depositada sobre el suelo (VOLHLAND y SCHROTH, 1999). Los sistemas ganaderos en nuestra región tropical han perdido su fertilidad, es decir han perdido su capacidad productiva de pasto, debido al desconocimiento de un componente poco estudiado como es la macrofauna del suelo, cuya funcionalidad esta basada en el reciclaje de nutrientes y sostenibilidad del sistema ganadero.

Las actividades humanas, a través de las distintas prácticas de manejo y tecnologías aplicadas ejercen importantes efectos en los determinantes de la biota del suelo (Lavelle *et al.*, 1993; citados por LAVELLE, 2002).

Para ello se tiene como problema de investigación ¿Cuál de los diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos tiene mayor proporción de macrofauna y puede indicar la calidad del suelo?; a la vez planteándose la siguiente hipótesis: que la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo varían según el tipo de uso de la tierra, para demostrar esto se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Evaluar la macrofauna del suelo en diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos en el distrito José Crespo y Castillo.

Objetivos específicos:

- Determinar la densidad (ind.m^{-2}) de la macrofauna del suelo en cuatro usos de la tierra en sistemas ganaderos.
- Determinar la biomasa (g.m^{-2}) de la macrofauna del suelo en cuatro usos de la tierra en sistemas ganaderos.
- Determinar la diversidad (riqueza) de la macrofauna del suelo en cuatro usos de la tierra en sistemas ganaderos.
- Comparar la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en cuatro usos de la tierra en sistemas ganaderos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Macrofauna del suelo

Este grupo está integrado por los animales que tienen un ancho de cuerpo mayor a 2 mm (LINDEN *et al.*, 1994) y que pertenecen a distintos Filos, Clases y Órdenes. La mayoría se caracteriza por tener ciclo biológico largo (un año o más), baja tasa reproductiva, movimientos lentos y poca capacidad de dispersión (GASSEN y GASSEN, 1996). Desde el punto de vista de la alimentación incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores (BROWN *et al.*, 2001).

Con la redistribución de la materia orgánica y de los microorganismos, la mezcla de suelo con partículas orgánicas y la producción de pelotas fecales causan mejoras en la agregación. También modifican la aeración e infiltración y la textura, a través de la construcción de galerías y al traer a la superficie y mezclar suelo de las capas inferiores del perfil (CURRY, 1987c; CURRY y GOOD, 1992; LINDEN *et al.*, 1994).

2.2. Grupos funcionales de la macrofauna

Para reducir la innata complejidad de la trama trófica del suelo han sido propuestas distintas clasificaciones de grupos funcionales, una de ellas, quizás la más útil, es la que divide a la macrofauna del suelo de acuerdo al comportamiento alimenticio (FAO, 2001).

2.3. Clasificación funcional de la fauna del suelo

Las funciones que cumple los invertebrados en el suelo dependen en gran medida de la eficacia de su sistema digestivo, lo cual depende a su vez, del tipo de interacción que mantiene con la microflora del suelo, de la naturaleza y la abundancia de las estructuras biológicas que estos invertebrados producen en el suelo (LAVELLE, 1996).

Las interacciones bióticas entre estos grupos funcionales intervienen en la regulación de los procesos edáficos, cuando la complejidad de las mismas es grande, es muy probable que los efectos indirectos en la regulación de las funciones de los ecosistemas sean muy importantes (PRICE, 1988).

2.3.1. Herbívoros

Coleman (1976), citado por MASTERS (2004), menciona que el 40 y 90% de la producción primaria neta corresponde a las partes subterráneas de las plantas y una alta proporción de la misma, es consumida por los invertebrados herbívoros que habitan en el suelo, los cuales en su mayoría son insectos, los órdenes más importantes son: Coleóptera, Hymenóptera, Orthóptera.

Las especies fitófagas del Orden Coleóptera, una cantidad de individuos viven en la superficie y con vegetación baja, mientras que otros son verdaderos cavadores durante toda o parte de su ciclo de vida (CURRY, 1987a), la abundancia de estos insectos es muy variable de un ambiente a otro y de un ciclo anual al siguiente, lo cual dificulta su análisis cualitativo.

El Orden Hymenóptera son los integrantes de la Familia Formicidae, son insectos sociales, los cuales tienden a ser más abundantes en bosques abiertos, secos y en pasturas no cultivadas (Stradling, 1978, citado por CURRY, 1987a).

2.3.2. Detritívoros

A este grupo pertenecen un amplio rango de grupos taxonómicos; los más importantes son: Oligochaeta, Diplopoda, Isópoda, e insectos pertenecientes a los órdenes Coleóptera, Dictyóptera, Díptera e Isóptera; los

individuos que ingieren detritos probablemente sean omnívoros no selectivos (WARDLE, 1995).

Para obtener la energía estos organismos desarrollan el sistema de digestión de rumen externo por lo que practican la coprofagia (CURRY y GOOD, 1992). En los pellets fecales se desarrolla importante actividad microbiana que es la que produce las transformaciones químicas (LAVELLE y SPAIN, 2001).

Las lombrices, las larvas de dípteros y los coleópteros, desempeñan un importante papel en la descomposición de las bostas por ser capaces de remover grandes cantidades de excrementos, promover la aireación y la actividad microbiana a través de los canales que construyen en el suelo, además de favorecer el traslado de la materia orgánica y el intercambio de nutrientes (RODRÍGUEZ *et al.*, 2003).

2.3.3. Depredadores

Este grupo funcional está integrado por individuos pertenecientes a las clases Arachnida, Chilopoda y Nematoda Mermithidae e insectos de los órdenes Coleóptera, Hemíptera e Hymenóptera. Son tan eficientes, que los cambios en la densidad afectan a las poblaciones de organismos considerados plaga (RYPSTRA *et al.*, 1999).

2.4. Relación macrofauna hábitat

Los procesos del suelo están sometidos a una jerarquía de determinantes que operan en escalas anidadas de tiempo y espacio, el clima, seguido por las propiedades del suelo opera en las grandes escalas, los cuales fuerzan a las comunidades de plantas, que determinan la calidad y cantidad de los ingresos orgánicos del suelo, a los macroinvertebrados y a los microorganismos que operan en escalas locales (Lavelle *et al.*, 1993, citados por LAVELLE, 2002).

Por otra parte, a nivel local la composición y distribución de las comunidades son afectadas por factores tales como la disponibilidad de recursos, las condiciones microclimáticas, la fertilidad y estructura del suelo (Beare *et al.*, 1995, citados por CORREIA, 2002).

2.4.1. Clima

El clima ha sido el factor que ha tenido mayor efecto en los procesos de evolución de largo plazo, determinando la estructura, características de las comunidades vegetales, la distribución y abundancia de los invertebrados así mismo las variaciones microclimáticas asociadas a la estructura, densidad de la vegetación y a la presencia de residuos, afectan considerablemente la distribución de los invertebrados dentro de la pastura (CURRY, 1987b).

2.4.2. Características del suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica, de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aeración, de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (DUBS *et al.*, 2004; Swift *et al.*, 1979, citado por CURRY, 1987b).

La estructura del suelo determina la distribución de la fauna, existe una clara y positiva relación entre el número, tamaño de los poros y el tipo de animales que lo habitan, los grandes invertebrados ocupan los poros del suelo llenos de aire, en general los organismos edáficos prefieren los ambientes húmedos (HENDRICKS, 1985).

En condiciones de déficit de agua se trasladan a partes más profundas del perfil y se distribuyen en forma más agregada (VERHOEF y VAN SELM, 1983). La densidad de Coleóptera y Oligochaeta tiene una relación positiva con el contenido de carbono orgánico y nitrógeno total (CLAPPERTON, 2000; ZERBINO y MORÓN, 2003). Si bien las preferencias en cuanto a pH son variadas, la mayoría de los organismos evitan los suelos ácidos (HENDRICKS, 1985).

2.4.3. Prácticas de manejo

Desde el momento que un sistema natural es modificado para desarrollar actividades agrícolas, los mayores cambios ocurren en las propiedades del suelo, abundancia, biomasa y diversidad de la biota del suelo, las comunidades presentes van a estar determinadas por la intensidad del cambio inducido respecto al ecosistema natural y por la habilidad de los organismos para adaptarse a esos cambios (BROWN *et al.*, 2001).

La macrofauna responde al manejo secuencial de cultivos, manera de preparación del suelo, ingreso de materia orgánica fresca, etc., como resultado de las perturbaciones físicas que se producen, de la manera de distribución de los residuos y de la comunidad de plantas presentes (LAVELLE y SPAIN, 2001; WARDLE, 1995).

Cuando la cobertura vegetal es diversa, como es el caso de las pasturas o del campo natural, el mantillo es más heterogéneo y como consecuencia hay un incremento de los recursos a ser colonizados, lo que determina un aumento de la diversidad de la fauna del suelo (FAO, 2002).

2.5. Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo

Los índices de diversidad fueron unos de los indicadores utilizados más frecuentemente. Tienen la ventaja que mucha información puede ser representada por un simple índice, pero ello algunas veces ha conducido a

resultados errados particularmente en agroecosistemas perturbados por el laboreo, la cosecha de pasto y el pastoreo (PURVIS y CURRY, 1980).

LINARES (2007), obtuvo en su trabajo de investigación según el índice de Shannon – Weaver que el Bosque Secundario ($H' = 2,25$), fue el más diverso que los demás sistemas evaluados, teniendo en el Bosque Primario un índice de Shannon ($H' = 1,37$).

TAPIA-CORAL *et al.* (1999), encontraron que la cantidad y la calidad de la hojarasca tienen poca influencia sobre la densidad de la macrofauna en sistemas agroforestales de la Amazonía central de Brasil. La presencia de coleópteros en el suelo se debe a su hábito coprófago (MONTEIRO y WERNER, 1989). Así mismo PASHANASI (2001), encontró mayores porcentajes referente al orden Haplotaxida, en pastura mejorada con 914 ind.m^{-2} , evaluado en la ciudad de Yurimaguas. La diversidad y la abundancia de las comunidades de organismos y la importancia relativa de los grupos de mayor interés (lombrices y termitas) se pueden usar como indicadores de calidad del suelo (DECAENS *et al.*, 1998).

2.6. Macrofauna en una pastura

En pasturas mejoradas, donde coexisten varias especies vegetales, las comunidades de macroinvertebrados, se caracterizan por su alta biomasa y riqueza taxonómica (AZEVEDO *et al.*, 2000, DECAENS *et al.*, 2001). En general es aceptado que las pasturas monoespecíficas tienden a soportar

comunidades de invertebrados con baja diversidad, las cuales generalmente son plagas (Pimentel, 1961; citado por CURRY 1987b).

En relación a la variación temporal de las especies vegetales (AZEVEDO *et al.*, 2000), estudiaron conjuntamente los efectos del laboreo y de la secuencias de cultivos y pasturas. Estos autores encontraron que el agrupamiento de los tratamientos se dio en dos niveles; el primero fue por la preparación del suelo, en tanto que las rotaciones produjeron un agrupamiento secundario.

Generalmente las poblaciones son más abundantes y tienen mayores biomásas en rotaciones de cultivos y pasturas que en agricultura continua (BUCKERFIELD, 1993; EDWARDS *et al.*, 1995; ELLIOT, 1997; LAVELLE y SPAIN, 2001; YEATES *et al.*, 1998). La explicación estaría en que las pasturas cultivadas producen un mantillo de alta calidad y hay un mayor aporte de materia orgánica lo que favorece su actividad (FRASER *et al.*, 1994; LAVELLE y SPAIN, 2001). La mayor densidad de individuos ocurre en el estrato superficial del suelo de 0 – 10 cm de profundidad (WELLINGTON, 1995).

El pastoreo es otra práctica que afecta a la macrofauna del suelo, los efectos son causados a través del corte de la vegetación, del pisoteo y por la presencia de heces (MORRIS, 2000). Existen diferencias según el tipo de ganado en la manera y selectividad con que es cortada la vegetación y la presión que realizan en el suelo (BELL *et al.*, 2001; HUTCHINSON y KING, 1980; ILMARINEN *et al.*, 2004).

En general, un incremento de la intensidad del pastoreo es acompañado por una disminución de la diversidad de la fauna que habita el suelo, como consecuencia de la simplificación de la vegetación y de la desaparición de la capa de residuos (CURRY y GOOD, 1992; MORRIS, 2000).

El efecto del pisoteo sobre los invertebrados es más importante que el del corte de la vegetación (MORRIS, 2000). Se reduce la porosidad, aumenta el nivel de CO₂ y disminuye el O₂ (Pottinger, 1976, citado por CURRY, 1987b).

2.7. Macrofauna en un sistema silvopastoril

Dentro de los órdenes los más representados en las unidades con silvopastoreo, fueron el orden Haplotaxida, que agrupa a las lombrices de tierra, seguido de Coleóptera; estos resultan de gran importancia en los principales procesos biológicos que se producen en un pastizal y, por ende, repercuten en el reciclaje de nutrientes (LEE, 1994; KOLMANS y VÁSQUEZ, 1996; LARINK y SCHRADER, 2000).

La mayoría de las prácticas de manejo del suelo, independientemente de sus efectos sobre el pH de este, tiene un efecto negativo sobre su macrofauna, esto se debe que las comunidades de la macrofauna del suelo son muy sensibles a los cambios de la cobertura del suelo (LAVELLE *et al.*, 1992). En la Amazonía Peruana, LAVELLE y PASHANASI (1989), observaron que ocurre un cambio muy drástico en la

biomasa y diversidad de los macroartrópodos después de la instalación de pastizales y cultivos anuales.

Los sistemas silvopastoriles proporcionan condiciones edafoclimáticas que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna en el suelo; así lo demuestran los estudios realizados por SÁNCHEZ y REINÉS (2001), quienes observaron incrementos en el número de individuos por metro cuadrado y en los índices ecológicos: diversidad de especies, abundancia proporcional de organismos en el suelo, equitatividad y dominancia, con los mejores resultados para los sistemas silvopastoriles.

El microclima (humedad y temperatura del suelo) creado por la presencia de las plantas arbóreas en las pasturas es más favorable para la actividad biológica de la macrofauna edáfica, lo cual resulta en una mayor mineralización y disponibilidad de nitrógeno en el suelo (FEIJÓO *et al.*, 2004).

La mayor presencia de individuos de la fauna edáfica en el suelo en condiciones silvopastoriles está directamente relacionada con la presencia de los árboles, los cuales proporcionan condiciones adecuadas de humedad y temperatura, mayores contenidos de materia orgánica y deposición de hojarasca, aspectos que se hacen más evidentes en pastizales con la presencia de asociaciones de gramíneas y leguminosas, lo que permite crear las condiciones para una intensa actividad biológica en el suelo (SÁNCHEZ y REINÉS, 2001; RODRÍGUEZ *et al.*, 2002; ALONSO, 2003; HARVEY, 2003).

La sombra proyectada por el follaje de los árboles puede regular ambos factores, especialmente la temperatura del suelo, la cual puede llegar a ser inferior en 10°C a la alcanzada en terreno abierto (WILSON y WILD, 1991; RODRÍGUEZ *et al.*, 2000).

La tendencia a mayor diversidad según ODUM (1989), indica la presencia de cadenas alimenticias más largas, así como mayores posibilidades de control de la retroalimentación negativa, que reduce las oscilaciones y por consiguiente, aumenta la estabilidad del sistema. Las especies leñosas tienen la capacidad de corregir las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo mediante el aporte de materia orgánica (MO) en la superficie y en el subsuelo, y la liberación y reciclaje de nutrimentos (SHIBU, 2009).

En particular, los sistemas silvopastoriles (SSP), constituyen una opción importante, ya que incorporan el componente arbóreo, la diversidad de especies y, un reciclaje y liberación de nutrientes en sincronía con los componentes del sistema, las especies leñosas incorporan los nutrientes a su biomasa y la recirculan a la superficie del suelo a través de la hojarasca (WICK *et al.*, 2009).

En cuanto a la macrofauna edáfica (SIMÓN *et al.*, 2005), encontró una mayor diversidad de organismos en los sistemas con árboles, lo que puede estar relacionado con el efecto que ejercen los árboles en el suelo, al regular factores como la temperatura y la humedad, y crear por lo tanto, un microclima acordes con la exigencia de una gran cantidad de organismos vivos que desarrollan su vida gran parte de ella o sobre el suelo.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en el módulo lechero de la Facultad de Zootecnia y fincas aledañas (figura 1), ubicado en el distrito de José Crespo y Castillo, provincia de Leoncio Prado, al norte de la región Huánuco; a una altitud promedio de 630 m.s.n.m. Presenta una temperatura media anual de 23,6 °C, con una precipitación media anual de 3,179 mm y una humedad relativa de 80% (UNAS 2008). El presente estudio tuvo una duración de 90 días desde el mes de setiembre a diciembre del 2011.

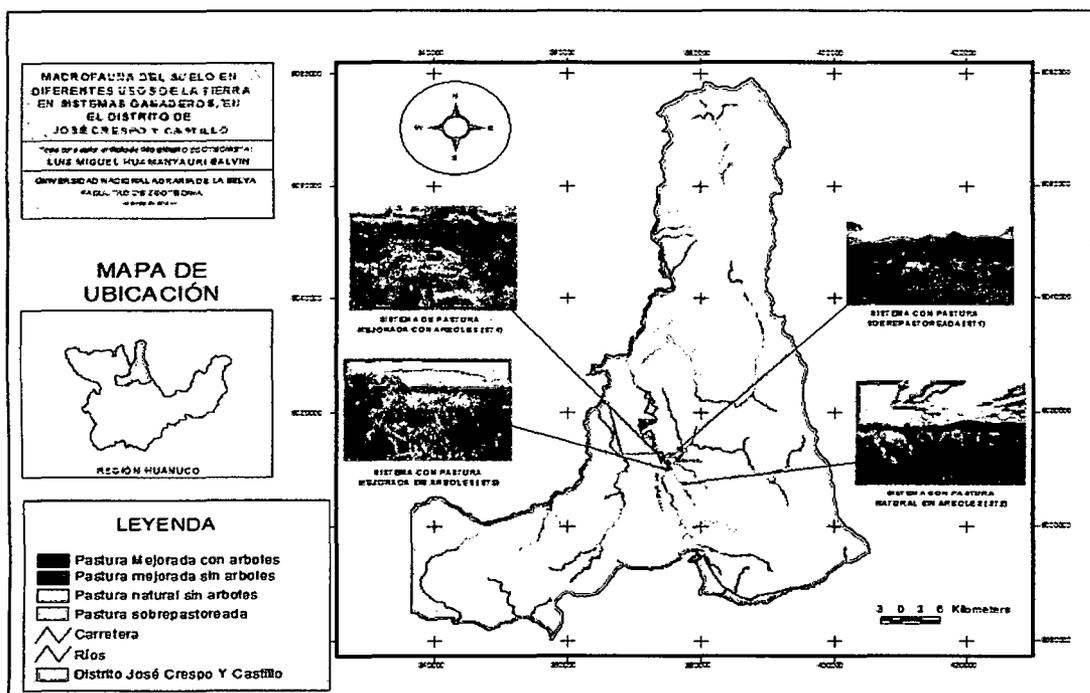


Figura 1. Plano de ubicación de fincas ganaderas evaluadas.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

- Palana
- Wincha de 30 m.
- Marco de madera 25 x 25 cm.
- Machete
- Bolsas plásticas 14 x 20 cm.
- Tijeras
- Pinzas
- Frascos de plástico
- Cuaderno de apuntes
- Formol al 4%
- Alcohol al 70 %

3.2.2. Equipos

- Balanza de precisión digital
- Cámara fotográfica
- Potenciómetro
- Estereoscopio
- Calculadora
- Computadora
- Impresora

3.3. Metodología

El desarrollo del presente trabajo se realizó en época de inicio de lluvias que comprende los meses de setiembre y diciembre, para el estudio se consideró cuatro sistemas ganaderos:

3.3.1. Sistemas de evaluación

Pastura Sobrepastoreada (ST1): presenta especies nativas de pastos como *Axonopus compressus* (torourco) y *Pseudoelephantopus spicatus* (mata pasto), fueron establecidas hace 8 años, con pastoreo continuo de animales, con una carga animal de 1.5 unidad animal (UA), ubicado a 3 kilómetros de la ciudad de Aucayacu, de topografía plana con 7 hectáreas.

Pastura Natural sin Árboles (ST2): consta con 20 hectáreas de extensión con pastura natural de *Axonopus compressus* (torourco), de topografía plana, ubicado a 2 kilómetros de la ciudad de Aucayacu, fueron establecidas hace más de 20 años y con pastoreo de animales, con una carga animal de 1 UA.

Pastura Mejorada sin Árboles (ST3): este potrero fue establecida con pastura mejorada (*Brachiaria decumbens*), fueron establecidas hace más de 20 años. El uso del suelo anterior a la pastura, fueron cultivos de coca, por lo que la característica principal eran pasturas establecidas en suelos pobres o degradados, actualmente se encuentran libres de pastoreo.

Pastura Mejorada con Árboles (ST4): establecida, con capirona (*Calycophyllum spruceanum* B.), con 6 años de edad, cuenta con pasturas mejorada como *Paspalum plicatulum* y *B. decumbens*, de topografía plana, establecida hace 20 años, actualmente se encuentran libre de pastoreo. Estos dos últimos sistemas se encuentran en el modulo lechero de la facultad de Zootecnia, de propiedad de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.3.2. Muestreo de macrofauna del suelo

El método de muestreo de la macrofauna del suelo, es similar al recomendado por Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (ANDERSON e INGRAM, 1993). El área de la unidad básica de muestreo es un monolito de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad, a lo largo de un transecto elegido al azar dentro del sistema.

Por cada uso de la tierra descrita se tomaron 8 muestras por sistema, cada 10 metros. Por lo cual, se realizó treinta y dos muestras en total. Cada muestra representa un monolito y se evaluaron individuos presentes en cuatro estratos (hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm), tal como se describe en la figura 2. Se tomaron individuos mayores que 2 mm para ser considerados como macrofauna. La macrofauna colectados en cada unidad de muestreo se conservaron en frascos con alcohol al 70% y las lombrices en frascos con formol al 4%. Posteriormente, en el laboratorio la macrofauna fueron contadas, pesadas e identificadas hasta el nivel taxonómico de Orden.

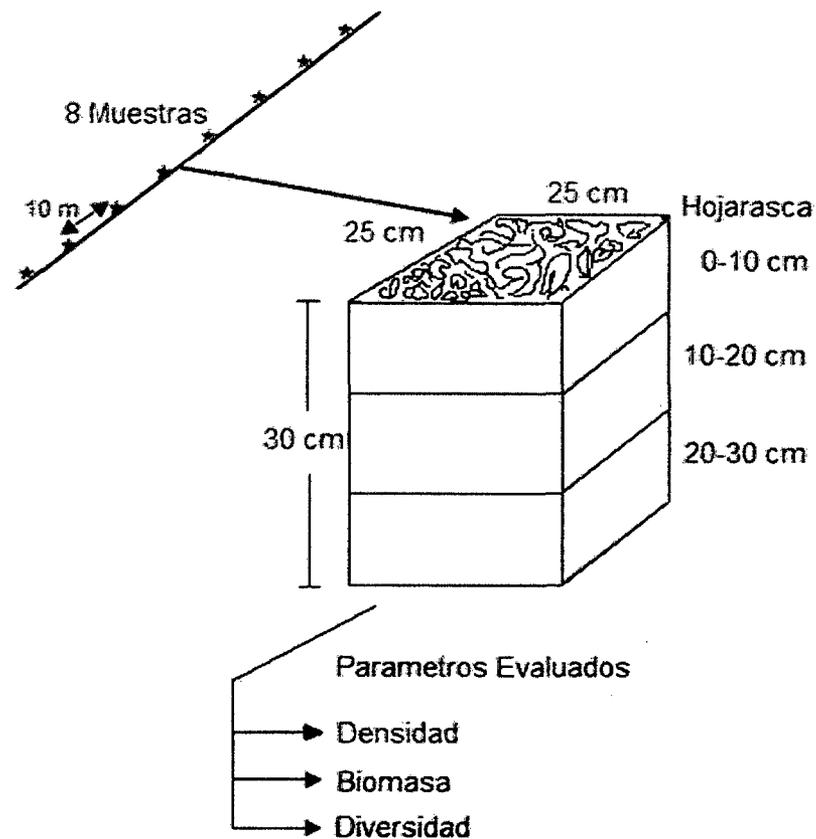


Figura 2. Metodología de muestreo por Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), (ANDERSON e INGRAM, 1993).

3.4. Variables independientes

Las variables independientes fueron los diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos en estudio: Pastura Sobrepastoreada (ST1), Pastura Natural sin Árboles (ST2), Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) y Pastura Mejorada con Árboles (ST4).

3.5. Variables dependientes

Las variables de medición del presente trabajo de investigación fueron:

- Densidad (ind.m^{-2}).
- Biomasa (g.m^{-2}).
- Diversidad.

3.5.1. Densidad (ind.m^{-2})

Se estimó cuantitativamente la densidad (número de individuos. m^{-2}) por estrato (hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm), de acuerdo a los diferentes usos de la tierra a evaluar. Dado que para cada muestreo se utilizó un cuadrado de 25 cm de lado, lo que representa $1/16 \text{ m}^{-2}$, los datos de cada punto de muestreo se multiplicaron por 16 para obtener las unidades de número de individuos por m^{-2} (ind.m^{-2}) (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

3.5.2. Biomasa (g.m^{-2})

La biomasa (g.m^{-2}), se calculó mediante el pesado fresco de los individuos en los diferentes usos de la tierra, con una balanza analítica. Las unidades fueron gramos de peso fresco (g.m^{-2}), primero por estrato y luego la sumatoria para determinar el total de biomasa por sistema de uso de la tierra.

3.5.3. Diversidad

Para evaluar la diversidad se utilizó tres indicadores:

- Riqueza específica (S): Unidades taxonómicas
- Índice de Shannon-Wiener (H'), según la ecuación siguiente:

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

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

- H' : Índice de Shannon-Wiener en un contexto ecológico
- S : Número de especies o unidades taxonómicas
- n_i : Abundancia de la especie i
- N : Número total de individuos
- ln : Logaritmo natural

- Índice de equidad (J):

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

Donde:

- H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener
- S : Número de especies o unidades taxonómicas

In : Logaritmo natural

3.6. Determinación de los parámetros físicos y químicos del suelo

3.6.1. Humedad del suelo

La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico.

3.6.2. pH del suelo

El pH del suelo se determinó con el método del potenciómetro.

3.6.3. Materia orgánica y nitrógeno total

Para determinar materia orgánica, se utilizó la metodología descrita por Walkley y Black; y para la determinación del nitrógeno total se multiplico por el factor de corrección del 5 % de la materia orgánica.

3.7. Análisis estadístico

Se realizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 4x4. Se incorpora estadística descriptiva para las proporciones. Para el desarrollo estadístico se utilizó el software InfoStat (versión libre). Los datos de densidad (ind.m^{-2}) y biomasa (g.m^{-2}) de la macrofauna del suelo fueron

inicialmente normalizados ($\sqrt{x} + 0.357$), por no presentar una distribución normal.

Donde:

Factor (A) = Sistema de uso de la tierra (SUT), con 4 niveles.

a_1 = Pastura Sobrepastoreada (ST1)

a_2 = Pastura Natural sin Árboles (ST2)

a_3 = Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)

a_4 = Pasturas Mejoradas con Árboles (ST4)

Factor (B) = Estratos (E), con 4 niveles de profundidad.

b_1 = hojarasca (E1)

b_2 = 0-10 cm de profundidad (E2)

b_3 = 10-20 cm de profundidad (E3)

b_4 = 20-30 cm de profundidad (E4)

- El modelo estadístico a emplear es la siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + A_i + B_j + A_i * B_j + E_{ij}$$

Donde:

μ = Media muestral

A_i = Efecto de los diferentes usos de la tierra (1, 2,3 y 4)

B_j = Efecto de los estratos ($j = 1, 2, 3$ y 4)

$A_i * B_j$ = efecto de la interacción de usos de la tierra y estratos.

E_{ij} = Error experimental

- El análisis de varianza (ANVA) empleado es:

Cuadro 1. Fuentes de variación y grados de libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad
Sistema de uso de la tierra (SUT)	3
Estratos	3
SUT * Estratos	9
Error	112
TOTAL	127

IV. RESULTADOS

4.1. Densidad y biomasa en los sistemas ganaderos

4.1.1. Densidad y biomasa por sistema

La densidad de la macrofauna del suelo (cuadro 2 y figura 3) por sistema demostró diferencia significativa entre los sistemas evaluados ($p \leq 0.05$), siendo los sistemas con Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) y Pastura Mejorada con Árboles (ST4), con (900,18 y 687,12 ind.m⁻² respectivamente), que presentaron mayor densidad en comparación a la Pastura Natural sin Árboles (ST2) y la Pastura Sobrepastoreada (ST1). En cuanto a biomasa (cuadro 2 y figura 4) no se encontró diferencia significativa entre los sistemas evaluados ($p \geq 0.05$).

Cuadro 2. Promedio de individuos. m⁻² y biomasa (g.m⁻²) entre los sistemas evaluados (n= 32, Media \pm desviación estándar).

Sistema	n	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)	32	900,18 \pm 585,29 (a)	20,28 \pm 13,56 (a)
Pastura Mejorada con Árboles (ST4)	32	687,12 \pm 430,32 (a)	27,80 \pm 20,59 (a)
Pastura Natural sin Árboles (ST2)	32	184,77 \pm 155,90 (b)	17,25 \pm 22,18 (a)
Pastura Sobrepastoreada (ST1)	32	127,98 \pm 102,65 (b)	11,24 \pm 11,64 (a)
p - valor		<0.0001	0.3656
CV		72.38	93.46

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

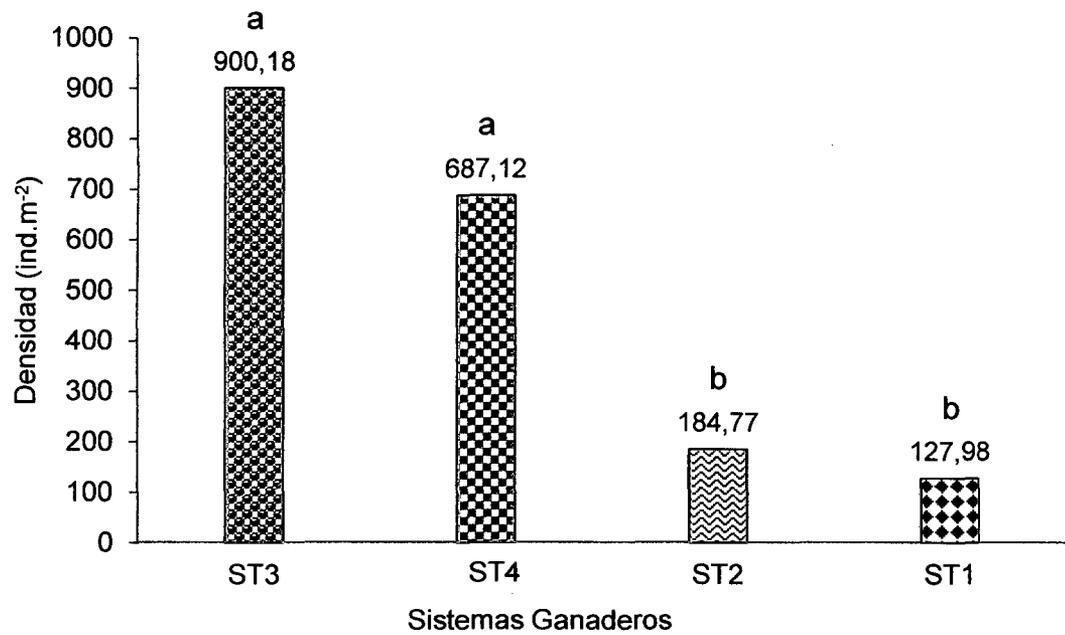


Figura 3. Densidad total (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).

En la figura 3, muestra que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$), entre los sistemas evaluados, y que la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) y la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), obtuvieron los mayores valores de densidad que los sistemas de Pastura Natural sin Árboles (ST2) y la Pastura Sobrepastoreada (ST1).

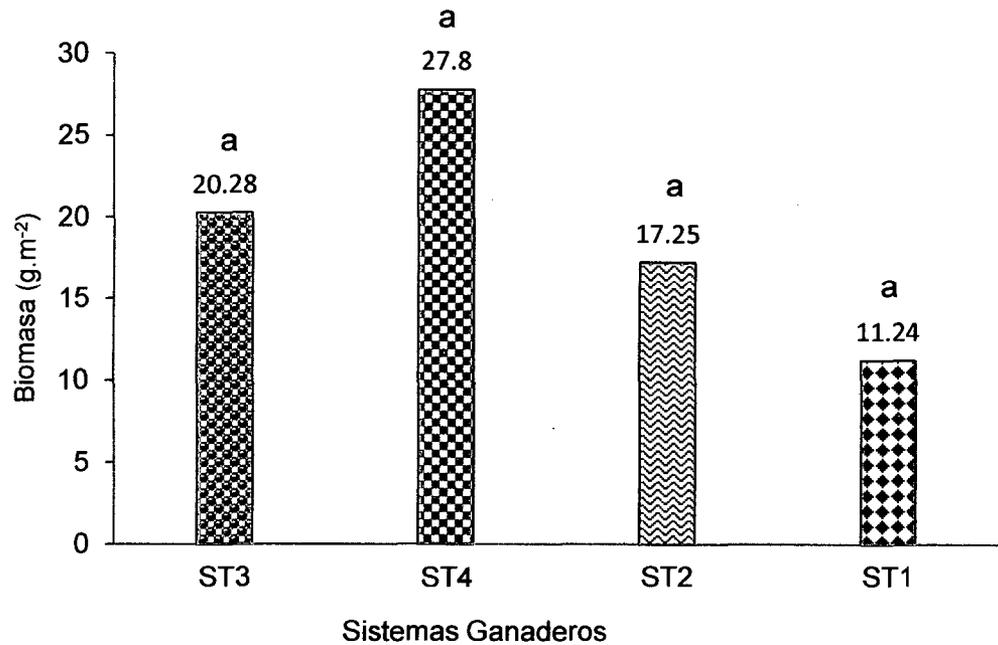


Figura 4. Biomasa total (g.m⁻²) de la macrofauna del suelo en Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).

En la figura 4, muestra que no se encontró diferencia significativa ($p \geq 0.05$), en los diferentes sistemas de uso de la tierra evaluados.

4.1.2. Densidad y biomasa por estrato

En cuanto a los diferentes estratos o niveles de profundidad se observa que existe diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre los sistemas evaluados, siendo el estrato de 0 – 10 cm que presentó la mayor cantidad de individuos, y que a mayor profundidad disminuye la cantidad de individuos.

Cuadro 3. Promedio de individuos. m^{-2} y biomasa ($g.m^{-2}$), entre diferentes niveles de profundidad (n= 32, Media \pm desviación estándar).

Estrato	n	Densidad ($ind.m^{-2}$)	Biomasa ($g.m^{-2}$)
HOJARASCA	32	259,63 \pm 106,25 (b)	1,94 \pm 0,73 (c)
0 - 10 cm	32	1461,76 \pm 641,30 (a)	102,27 \pm 36,14 (a)
10 - 20 cm	32	307,06 \pm 217,24 (b)	16,18 \pm 10,71 (b)
20 - 30 cm	32	85,99 \pm 119,74 (c)	3,11 \pm 3.46 (c)
p - valor		0.0001	0.0001
CV		62.79	56.66

Letras distintas por columnas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$), según la prueba de Duncan

Se puede observar que existe diferencia significativa en los diferentes sistemas evaluados, siendo el estrato de 0 – 10 cm con mayor cantidad de individuos ($1461,76 \text{ ind.}m^{-2}$). La figura 5 muestra con mayor detalle los resultados.

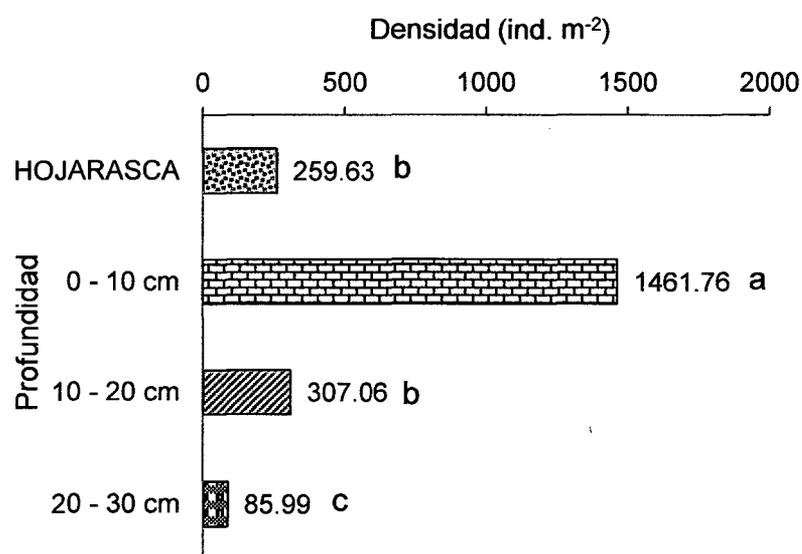


Figura 5. Número de individuos. m^{-2} por estratos (profundidad)

Se puede apreciar en la figura 6, que la mayor concentración en cuanto a biomasa (g.m^{-2}), se encuentra en el estrato de 0 – 10 cm de profundidad con $102,27 \text{ g.m}^{-2}$.

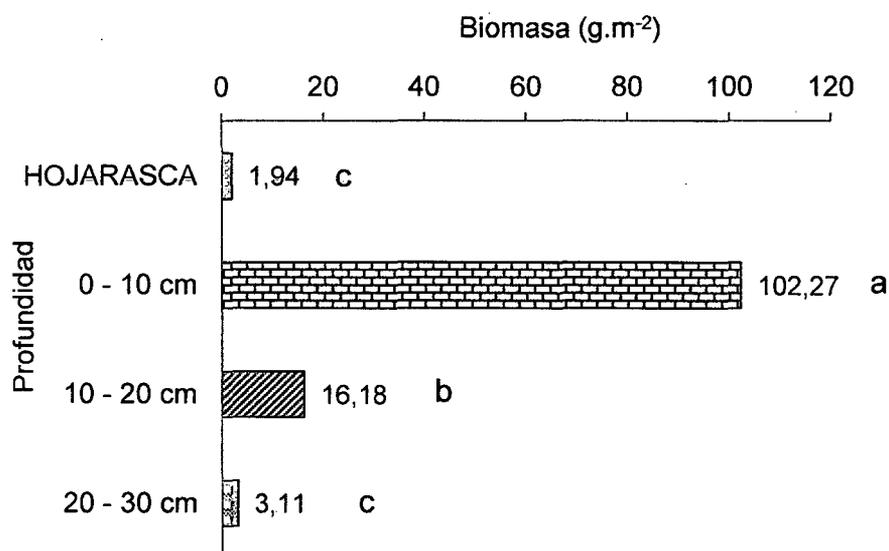


Figura 6. Biomasa total (g.m^{-2}) por estrato o niveles de profundidad.

4.2. Densidad y biomasa por estrato en los sistemas

4.2.1. Densidad (ind.m^{-2}) por estratos en los sistemas

La cantidad de individuos evaluados en sus diferentes niveles de profundidad por sistemas de uso de la tierra se encontró diferencia significativa ($p \leq 0,05$) en todos los niveles de profundidad, siendo la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), con mayor cantidad de individuos en el estrato de hojarasca con $589,18 \text{ ind.m}^{-2}$. La Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), destacó estadísticamente en los niveles de 0-10, 10-20 y 20-30 cm de profundidad.

Cuadro 4. Densidad (ind.m^{-2}) en diferentes niveles de profundidad (estratos), evaluados en cuatro sistemas ganaderos de uso de la tierra ($n= 8$, Media \pm desviación estándar).

SISTEMA	Densidad (ind.m^{-2})			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20- 30 cm
ST4	589,18 \pm 137,07 (a)	2226,24 \pm 738,48 (a)	600,89 \pm 118,15 (a)	78,91 \pm 70,20 (b)
ST3	205,72 \pm 52,61 (b)	2640,21 \pm 966,48 (a)	871,02 \pm 424,28 (a)	614,2 \pm 427,55 (a)
ST2	159,09 \pm 77,40 (b)	920,09 \pm 212,56 (b)	90,88 \pm 40,71 (b)	3,66 \pm 4,33 (b)
ST1	174,58 \pm 42,33 (b)	577,59 \pm 108,46 (b)	42,55 \pm 29,19 (b)	2,26 \pm 3,62 (b)

Letras distintas por columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

Como se observa en el cuadro 4, la mayor densidad en el estrato de hojarasca ($589,18 \text{ ind.m}^{-2}$) corresponde a la Pastura Mejorada con Árboles (ST4); en el estrato de 0- 10 y 10 – 20 cm de profundidad la mayor cantidad de individuos se encuentra en la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) y la Pastura Mejorada con Árboles (ST4); finalmente la menor densidad se obtuvo en el estrato de 20 – 30 cm en todo los sistemas comparados, siendo la Pastura Sobrepastoreada (ST1) con $2,26 \text{ ind.m}^{-2}$ el de menor densidad (Figura 7).

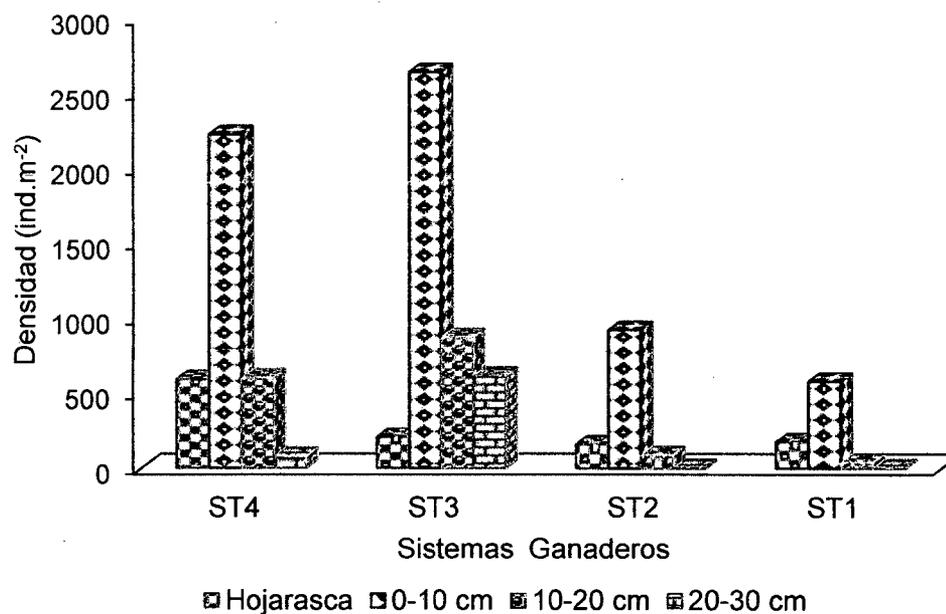


Figura 7. Densidad (ind.m^{-2}), en diferentes niveles de profundidad: Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Mejorada sin Árboles, (ST3), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).

4.2.2. Biomasa (g.m^{-2}) por estrato en los sistemas

Con respecto a biomasa (g.m^{-2}), en los sistemas se encontró diferencia significativas ($p \leq 0,05$) en todos los estratos evaluados. Destaca en el estrato de hojarasca la Pastura Mejorada con Árboles (ST4) con $4,09 \text{ g.m}^{-2}$; en cuanto al estrato de 0 – 10 cm la Pastura Natural sin Árboles (ST2) presentó el mayor peso con $145,03 \text{ g.m}^{-2}$.

Cuadro 5. Biomasa (g.m^{-2}) en diferentes niveles de profundidad (estratos), evaluados en cuatro sistemas ganaderos de uso de la tierra ($n= 8$, Media \pm desviación estándar).

SISTEMA	Biomasa (g.m^{-2})			
	Hojarasca	0-10 cm	10-20 cm	20- 30cm
ST4	4,09 \pm 1,20 (a)	125,06 \pm 25,25 (a,b)	32,18 \pm 10,67 (a)	4,94 \pm 4,00 (a,b)
ST3	1,55 \pm 0,37 (b,c)	61,36 \pm 20,90 (b)	25,63 \pm 10,92 (a)	15,08 \pm 9,99 (a)
ST2	0,61 \pm 0,24 (c)	145,03 \pm 67,37 (a)	12,91 \pm 11,93 (a,b)	0,04 \pm 0,02 (b)
ST1	2,26 \pm 0,47 (b)	88,23 \pm 13,57 (a,b)	3,07 \pm 2,94 (b)	0,55 \pm 0,86 (b)

Letras distintas en columnas indican diferencia significativa ($p \leq 0,05$), según la prueba de Duncan.

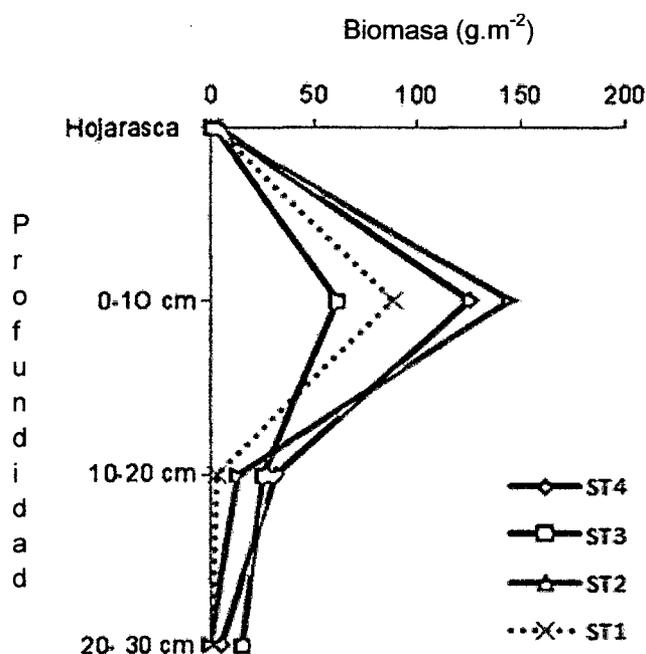


Figura 8. Biomasa (g.m^{-2}), en diferentes niveles de profundidad: Pastura Mejorada con Árboles (ST4), Pastura Mejorada sin Árboles, (ST3), Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).

En la interacción estratos en los sistemas, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$), siendo el estrato de 0 – 10 cm de profundidad quien presentó mayor peso (g.m^{-2}) en todos los sistemas ganaderos evaluados (Figura 8).

4.3. Número de individuos a nivel de Orden en sistemas ganaderos

Cuadro 6. Sumatoria de individuos por m^{-2} en sistemas ganaderos

Órdenes	Número de ind. m^{-2} en cada sistema ganadero							
	ST4	%	ST3	%	ST2	%	ST1	%
Araneae	208	0.7	288	0.7	96	0.9		
Coleóptera	768	2.5	544	1.3	544	5.3	432	6.3
Gasterópoda	528	1.7	384	0.9			64	0.9
Miriápodos	400	1.3	416	1			560	8.2
Haplotaxida	13312	43.5	17808	43.6	6912	67.7	4848	71.1
Hemíptera	336	1.1	48	0.1			16	0.3
Hymenóptera	848	2.8	672	1.6	2512	24.6	864	12.7
Isópoda	3968	13	2464	6	64	0.7		
Isóptera	9584	31.3	17680	43.3				
Lepidóptera	80	0.3	32	0.2				
Orthóptera	544	1.8	544	1.3	80	0.8	32	0.5
TOTAL	30576	100	40880	100	10208	100	6816	100

En el cuadro 6, se observa que la Pastura Mejorada con Árboles (ST4) y Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), presentaron la mayor cantidad de individuos corresponde a las Órdenes de Haplotaxida, Isóptera, Isópoda e Hymenóptera; con respecto a la Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1), las Órdenes más abundantes fueron Haplotaxida, Hymenóptera y Coleóptera.

En la figura 9, en cuanto a la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), la mayor cantidad de individuos corresponde a las Órdenes Haplotaxida (43,5 %), Isóptera (31,3 %) e Isópoda (13 %).

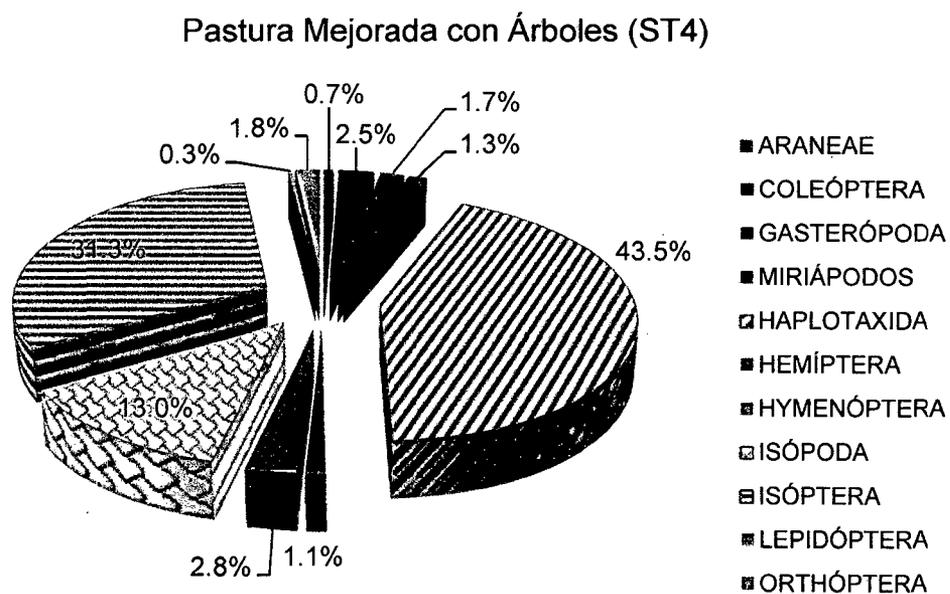


Figura 9. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura Mejorada con Árboles (ST4).

La mayor cantidad de individuos identificados en la Pastura Mejora sin Árboles (ST3) corresponde al Orden Haplotaxida (43,6%), Isóptera (43,3 %) y la Orden Isópoda con 6 %. La menor cantidad de individuos corresponde al Orden Lepidóptera con 0,2 % (Figura 10).

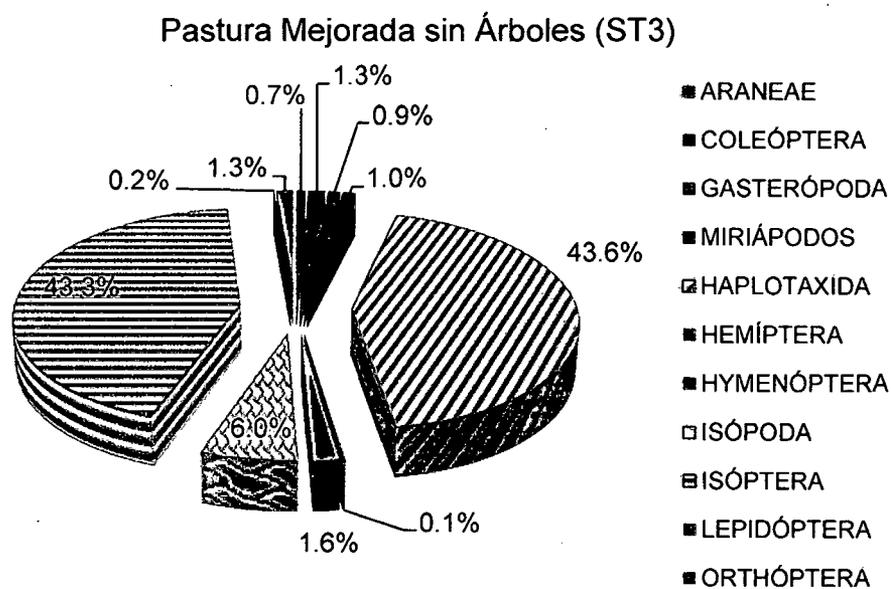


Figura 10. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)

Con respecto a la Pastura Natural sin Árboles (ST2), las Órdenes más sobresalientes fueron: Haplotaxida (lombriz de tierra) (67,7 %); Hymenóptera (hormiga) (24,6 %) y Coleóptera con 5,3 % (Figura 11).

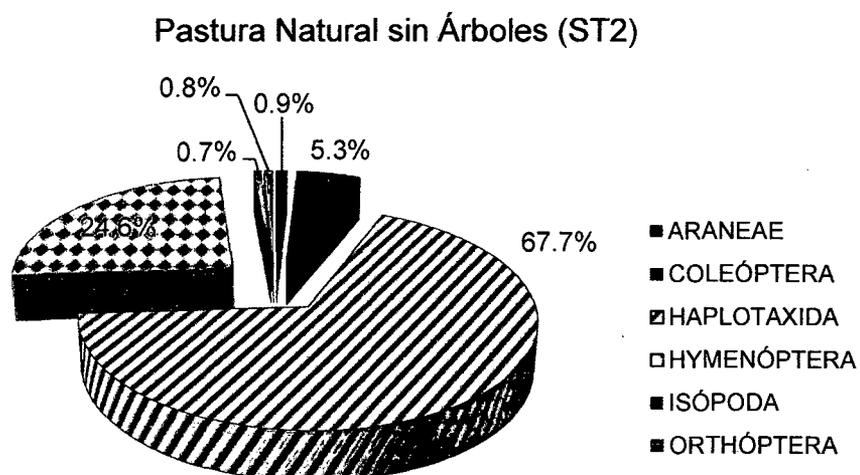


Figura 11. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura Natural sin Árboles (ST2).

En el sistema Pastura Sobrepastoreada (ST1) (figura 12), se observa mayores individuos de las Órdenes Haplotaxida (lombriz de tierra) con 71,1 %, Hymenóptera (hormiga) con 12,7 %, Miriápodos con 8,2 % y Coleóptera (escarabajo) con 6,3 %.

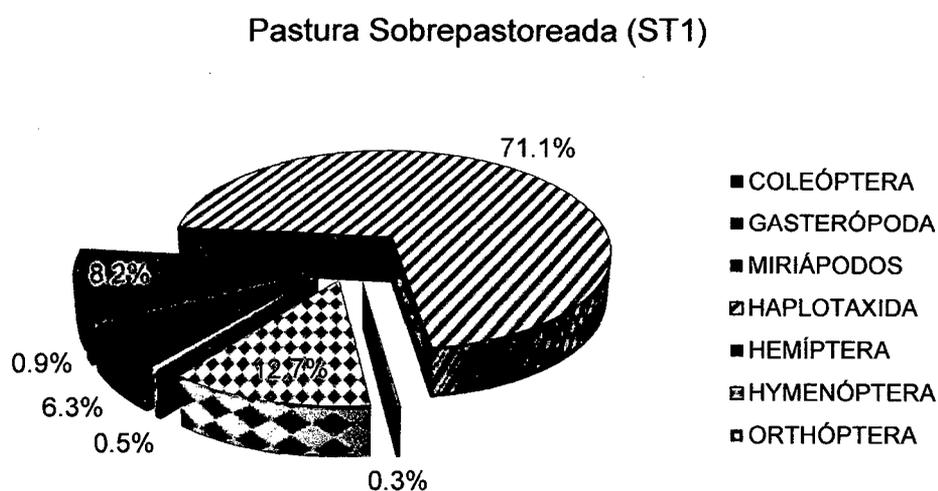


Figura 12. Presencia de Órdenes (%) en la Pastura Sobrepastoreada (ST1).

4.4. Diversidad o riqueza de especies

Cuadro 7. Riqueza específica (S), índice de Shannon – Wiener (H') e índice de equidad (J) de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos

Sistemas Ganaderos	S	H'	J
Pastura Mejorada con Árboles (ST4)	11	1,480	0,62
Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)	11	1,219	0,51
Pastura Natural sin Árboles (ST2)	6	0,879	0,49
Pastura Sobrepastoreada (ST1)	7	0,987	0,51

Elaboración propia

Según el índice de Shannon-Wiener (H'), el sistema de Pastura Mejorada con Árboles (ST4), fue más diverso que los demás sistemas ganaderos ($H' = 1,480$), mientras que el menos diverso fue la Pastura Natural sin Árboles (ST2) ($H' = 0,879$). Con respecto al índice de equidad (J), en el sistema Pastura Mejorada con Árboles (ST4), se observó que la diversidad se distribuyó de una manera más uniforme comparados con los demás sistemas. La Pastura Mejorada con Árboles (ST4), presenta una riqueza específica similar a la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), donde ambos presentaron el mismo número de especies y su distribución no fue equitativa.

4.5. Parámetros físicos y químicos del suelo

El sistema con Pastura Mejorada con Árboles (ST4), presenta suelos húmedos (43,9 %), respecto a los demás sistemas estudiados; en cuanto a pH del suelo el sistema con Pastura Mejorada con Árboles (ST4), fue ligeramente ácido (5,12); referente a materia orgánica y nitrógeno total el ST1 y ST2 presentan cantidades similares (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resultado del análisis del suelo: humedad, pH, materia orgánica y nitrógeno total; en los sistemas de uso del suelo.

Sistemas Ganaderos	Humedad (%)	pH (1:1)	M.O. (%)	N (%)
Pastura Mejorada con Árboles (ST4)	43,9	5,12	0,66	0,03
Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)	39,6	4,33	1,22	0,05
Pastura Natural sin Árboles (ST2)	36,7	4,38	1,88	0,08
Pastura Sobrepastoreada (ST1)	27,3	5	1,88	0,08

Elaboración propia

V. DISCUSIÓN

5.1. Densidad y biomasa por sistema

5.1.1. Densidad (ind.m⁻²)

En cuanto al número de ind.m⁻², se encontró diferencia estadística entre los sistemas ganaderos evaluados (Cuadro 2), donde la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), presentó una media mayor con 900,18 ind.m⁻², seguido de la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), con 687,12 ind.m⁻², mientras que la Pastura Sobrepastoreada (ST1), presentó 127,98 ind.m⁻². Resultados similares obtuvo PASHANASI (2001), referente a la pastura mejorada (914 ind.m⁻²), en cuanto al sistema Pastura Mejorada con Árboles (ST4), proporcionan condiciones edafoclimáticas que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna en el suelo; así lo demuestran los estudios realizados por SÁNCHEZ y REINÉS (2001). En cuanto a la Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1), se obtuvo menores individuos, debido al incremento de la intensidad del pastoreo, el cual es acompañado por una disminución de la diversidad de la fauna que habita en el suelo, como consecuencia de la simplificación de la vegetación y de la desaparición de la capa de residuos (CURRY y GOOD, 1992; MORRIS, 2000).

5.1.2. Biomasa (g.m^{-2})

En los sistemas ganaderos de uso de la tierra evaluados, no se encontró diferencia significativa entre ellos (cuadro 2). La Pastura Mejorada con Árboles (ST4), presento $27,8 \text{ g.m}^{-2}$; seguido de la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) con $20,28 \text{ g.m}^{-2}$; lo que puede estar relacionado con el efecto que ejercen los árboles en el suelo, al regular factores como la temperatura y la humedad, y crear por lo tanto, un microclima con características acordes con la exigencia de una gran cantidad de organismos vivos que desarrollan su vida o una gran parte de ella en o sobre el suelo (SIMÓN *et al.*, 2005).

5.2. Densidad y biomasa por estrato

En el cuadro 3, se observa que existe una alta diferencia significativa ($p \leq 0.0001$), en los diferentes niveles de profundidades. En el estrato de 0 – 10 cm existe la mayor cantidad de individuos y biomasa ($1461,76 \text{ ind.m}^{-2}$ y $102,27 \text{ g.m}^{-2}$ respectivamente. Esto se debe a que las pasturas cultivadas producen un mantillo de alta calidad y hay un mayor aporte de materia orgánica que favorece su actividad (FRASER *et al.*, 1994; LAVELLE y SPAIN, 2001). Es por ello, que hay una mayor predisposición en cuanto a densidad y biomasa en el estrato de 0-10 cm en todos los sistemas ganaderos tal como lo menciona WELLINGTON (1995).

5.3. Densidad (ind.m^{-2}) y biomasa (g.m^{-2}) por estratos en los sistemas

Al comparar los diferentes usos de la tierra en los diferentes niveles de profundidad, se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$). En el estrato hojarasca sobresale la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), en densidad y biomasa ($589,18 \text{ ind.m}^{-2}$ y 4.09 g.m^{-2} respectivamente); referente al estrato de 0-10 cm destaca en densidad la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) con $2640,21 \text{ ind.m}^{-2}$, mientras que el sistema con Pastura Natural sin Árboles (ST2), presenta una biomasa de 145.03 g.m^{-2} , seguido del sistema con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) con $125,06 \text{ g.m}^{-2}$; esto se atribuye a lo mencionado por TAPIA-CORAL *et al.* (1999), en la cual encontraron que la cantidad y la calidad de la hojarasca tienen poca influencia sobre la densidad de la macrofauna en sistemas agroforestales de la Amazonía Central de Brasil. Sin embargo, la calidad y la cantidad de la hojarasca no fueron fuertemente relacionadas con la biomasa de la macrofauna.

5.4. Número de individuos a nivel de Orden en sistemas ganaderos

La mayor densidad de individuos corresponde al Orden Haplotaxida (lombrices) en todos los sistemas evaluados, el cual tuvo una semejanza con la pastura mejorada evaluado por PASHANASI (2001), quien presentó mayor densidad de Haplotaxida (lombriz de tierra). Esto confirma anteriores observaciones realizadas en pastizales naturales y mejorados (LAVELLE y PASHANASI, 1989).

La cantidad de individuos (%) pertenecientes al Orden Coleóptera en el sistema con Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1) con 5,3 y 6,3 % respectivamente; se debe al hábito coprófago (MONTEIRO y WERNER, 1989). Los coleópteros desempeñan una importante función en la descomposición de los excrementos por ser capaces de remover grandes cantidades, promover la aireación, además de favorecer el traslado de la materia orgánica y el intercambio de nutrientes (RODRÍGUEZ *et al.*, 2003).

El mayor porcentaje de individuos presentes en los sistemas con Pastura Mejorada sin Árboles (ST3) y la Pastura Mejorada con Árboles (ST4), destacan el Orden Haplotaxida (lombriz de tierra) e Isóptera (termitas); estos porcentajes son un indicador de gran importancia e interés (lombrices y termitas) y se pueden usar como indicadores de la calidad del suelo tal como lo indica DECAENS *et al.* (1998).

5.5. Diversidad o riqueza de especies

Según el índice de Shannon-Wiener (H'), la Pastura Mejorada con Árboles (ST4) ($H' = 1,480$), fue más diverso que los otros sistemas ganaderos evaluados. Similar resultado obtuvo LINARES (2007), referente a bosque primario ($H = 1,37$). El sistema menos diverso fue la Pastura Natural sin Árboles (ST2) con ($H' = 0,879$).

La tendencia a una mayor diversidad de organismos en la Pastura Mejorada con Árboles (ST4) nos indica, según ODUM (1989), la presencia de cadenas alimenticias más largas, así como mayores posibilidades de control de la retroalimentación negativa, que reduce las oscilaciones y, por consiguiente, aumenta la estabilidad del sistema.

5.6. Propiedades del suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo afectan a la fauna que lo habita de manera directa por el contenido de materia orgánica, de humedad, el pH, la estructura del suelo y la aeración y de forma indirecta a través del efecto que tienen sobre la vegetación (DUBS *et al.*, 2004; Swift *et al.*, 1976, citado por CURRY, 1987b). Si bien las preferencias en cuanto a pH son variadas, la mayoría de los organismos evitan los suelos ácidos (HENDRICKS, 1985), es por ello que varía la densidad y biomasa en los sistemas ganaderos evaluados. Los sistemas con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) y Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), obtuvieron valores mínimos de materia orgánica (0,66 y 1,22 % respectivamente), probablemente estos dos sistemas actualmente se encuentran libres de pastoreo a diferencia de los sistemas con Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1), que si presentan carga animal. Estos resultados están relacionados con CLAPPERTON (2000), ZERBINO y MORÓN (2003), que confirman que la densidad de individuos Coleóptera y Oligochaeta tiene una relación positiva con el contenido de Carbono orgánico y Nitrógeno total.

VI. CONCLUSIONES

- Los diversos sistemas de usos de la tierra en sistemas ganaderos influyen en la macrofauna del suelo.
- Cuando en el sistema ganadero se incorporan otros componentes (especies leñosas), como en los sistemas silvopastoriles, se influye de manera directa al incremento de la riqueza de la macrofauna del suelo y por ende, a la sostenibilidad del sistema.
- Los sistemas con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) y la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3), fueron los que presentaron las más altas densidades y biomasa de macrofauna en el suelo en la época de inicio de lluvias que los sistemas con Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1).
- La Pastura Mejorada con Árboles (ST4), fue el que presentó mayor biodiversidad, según el índice de Shannon – Wiener (H'), mientras que la Pastura Natural sin Arboles (ST2), fue el menos diverso.
- La mayor abundancia de macrofauna del suelo en todos los sistemas de uso de la tierra evaluados, se encuentra en el estrato de 0 – 10 cm de profundidad, respecto a los demás estratos.

- En sentido general, en los sistemas con Pastura Mejorada con Árboles (ST4) y la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3). La mayor cantidad de individuos corresponde a los Órdenes Haplotaxida e Isóptera, ambos considerados de gran importancia en el reciclaje de nutrientes.
- Los Órdenes más representativos en sistemas con Pastura Natural sin Árboles (ST2) y Pastura Sobrepastoreada (ST1), fueron Haplotaxida, Hymenóptera y Coleóptera.
- La mayor proporción de materia orgánica en el suelo, está relacionada con la presencia de animales en el sistema ganadero.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios en los sistemas ganaderos evaluados en época seca y compararlos con el presente trabajo de investigación y poder generar indicadores de macrofauna que permitan valorar la calidad del suelo.
- Realizar estudios posteriores con fines de determinar el incremento poblacional de individuos en cada uno de los sistemas ganaderos evaluados.
- Establecer sistemas silvopastoriles el cual contribuirá a la diversidad de la macrofauna del suelo y por ende a la sostenibilidad del sistema.
- Realizar mayores trabajos de investigación para generar indicadores de la calidad del suelo con la presencia de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos.

VIII. ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the soil macrofauna in different livestock systems such as: improved Pasture with Trees (ST4), improved pasture without trees (ST3), natural pasture without trees (ST2) and overgrazed pasture (ST1). It was used the methodology recommended by the Program Fertility and biology of tropical Soils (TSBF), in each system were sampled 8 monoliths of 25 x 25 x 30 cm, the transect every 10 m. In each monolith was separated individual present in four strata (litter, 0-10, 10-20 and 20-30 cm.), which was counted, weighed and identified to taxonomic level of order. Descriptive statistics were used to evaluate the density and biomass among the four systems. For density (ind.m^{-2}) showed significance of the evaluated systems, resulting in higher density systems with improved pasture with trees (ST4) and improved pasture without trees (ST3), (687,12 and 900,18 ind.m^{-2} respectively). For biomass (g.m^{-2}) in the litter layer, said the system (ST4) with 27.8 g.m^{-2} it corresponded to the highest percentage Haplotaxida Orders, and Hymenopteras Isopters (ST3 and ST4), a story in ST2 and ST1 (Haplotaxida, Hymenoptera and Coleopteran). To wealth as the Shannon index, the system with improved pasture with trees (ST4) ($H= 1,48$) was the most diverse, with respect to other systems. The results confirm that the various systems for livestock use affect soil macrofauna.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- ALONSO, J. 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril (*Leucaena leucocephala* vc Perú) y guinea (*Panicum maximum* vc Likoni). Resumen de tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. ICA. La Habana, Cuba. 35 p.
- ANDERSON J. e INGRAM J. 1993. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods. 2nd edition. CAB International. Wallingford. 221 p.
- AZEVEDO, V. F. de., LIMA, D. A. de., CORREIA, M. E. F., AQUINO, A. M. de., PEREIDA DOS SANTOS, H. 2000. Fauna do solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto medio do Rio Grande do Sul. In: Reunião Brasileira de Fertilidades do Solo e Nutrição de plantas. Biodinâmica do solo. p. 122-152.
- BELL, J. R., WHEATER, C. P., CULLEN, W. R. 2001. The implications of grassland and heathland management for the conservation of spider communities: a review. *Journal of Zoology* 255:377-387.
- BROWN, G. G., PASINI, A., BENITO, N. P., DE AQUINO, A. M., CORREIA, M. 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in

Brazilian on tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Montreal, Canadá. 20 p.

BUCKERFIELD, C. 1993. Pastures in crops rotations enhance earthworm populations in southern Australia. In International Grassland Congress Proceedings, NZGA. p. 942-944.

CLAPPERTON, J. 2000. Creating healthy productive soil. In Congreso Nacional de AAPRESID (Mar del Plata, Argentina). p. 35-40.

CORREIA, M. E. F. 2002. Relações entre a diversidade da fauna do solo e os processos de decomposição e seus reflexos sobre a estabilidade dos ecossistemas. Rio de Janeiro, Embrapa Seropédica. Documento 156. 33 p.

CORREIA, M. E. F., OLIVEIRA, L. C. M. 2000. De fauna de solo: Aspectos gerais e metodológicos. Seropédica. Embrapa. Agrobiológica. 112 p.

CRESPO, G. 2002. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en los sistemas silvopastoriles. Conferencia Curso Internacional Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

CURRY, J. P. 1987a. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. I. The composition of the fauna. Grass and Forage Science 42:103-120.

CURRY, J. P. 1987b. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. II. Factors affecting the abundance and composition of the fauna. Grass and Forage Science 42:197-212.

- CURRY, J. P. 1987c. The invertebrate fauna of grassland and its influence on productivity. III. Effects on soil fertility and plant growth. *Grass and Forage Science* 42 (4) 325 - 341.
- CURRY, J. P., GOOD, J. A. 1992. Soil faunal degradation and restoration. *Advances in Soil Science* 17: 171 - 215.
- DECAENS, T.; JIMENES, J.; SCHNEIDMARD, J.; LAVELLE, P. 1998. La macrofauna del suelo en sistemas de producción Agrícola: respuestas a las perturbaciones y perspectivas de manejo. Un caso de estudio en los Llanos Orientales de Colombia. *Suelos Ecuatoriales (Colombia)* 28: 262 – 268.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMÉNEZ, J. J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., SCHNEIDMADL, J., SANZ, J. I., HOYOS, P., THOMAS, R. J. 2001. Impact of land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. p. 19-41.
- DUBS, F., LAVELLE, P., BRENNAN, A., EGGLETON, P., HAIMI, J., IVITS, E., JONES, D., KEATING, A., MORENO, A. G., SCHEIDEGGER, C., SOUSA, P., SZEL, G., WATT, A. 2004. Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. *On Soil Zoology*. 252 p.
- EDWARDS, C. A., BOHLEN, P. J., LINDEN, D. R., SUBLER, S. 1995. Earthworms in agroecosystems. In Hendrix, P.F. (Ed.). *Earthworms ecology and biogeography in North America*. Boca Raton, Lewis Publishers. p. 185-213.

- ELLIOT, L. F. 1997. Soil biodiversity and grass cropping systems. In International Grassland Congress (18, 1997, Canada). Session 12 - Biodiversity. p. 241- 248.
- FAO, 2001. Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal. Land and Water (AGL). [En línea]: FAO, ([http:// www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm](http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm)). Documents, 15 Feb. 2012
- FAO, 2002. Soil biodiversity and sustainable agriculture. In International Technical [En línea]: FAO, (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>), documents, 25 Mar. 2012.
- FEIJÓO, M. A., BUITRAGO, A., CALDERÓN, P. A., GIL, D., ZÚÑIGA, M. y CAMARGO, J. C. 2004. Quantifying soil macroinvertebrates under different land use systems in Colombia. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma. Mérida, Yucatán, México. 88 p.
- FRASER, P. M., HAYNES, R. J., WILLIAMS, P. H. 1994. Effects of pasture improvement and intensive cultivation on microbial biomass, Biol. Fertil. Soils 17:185-190.
- GASSEN, D. N., GASSEN, F. R. 1996. Plantio direto o caminho do futuro. Passo Fundo, Aldeia Sul. 207 p.
- HARVEY, C. 2003. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. Curso Internacional sobre ganadería y medio ambiente. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 21 p.

- HENDRICKS, D. M. 1985. Animals and Soil in Arizona. In Hendricks, D.M. (Ed.) Arizona Soils. Tucson, University of Arizona. Editor Haney, R.A. Jr. p. 55-62.
- HUTCHINSON, K. J., KING, K. L. 1980. The effects of sheep stocking level on invertebrate abundance, biomass and energy utilization in temperate, sown grassland. *Journal of Applied Ecology* 17:369-387.
- ILMARINEN, K., MIKOLA, J., VESTERBERG, M. 2004. Do mammalian grazers affect plant growth and plant quality via long term soil feedbacks? In: International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. (22, 2011, France). 164 p.
- KOLMANS, E. y VÁSQUEZ, D. 1996. Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación. Nicaragua. 222 p.
- LARINK, O. y SCHRADER, S. 2000. Rehabilitation of degraded compacted soil by earthworms. *Advances in GeoEcology*. 32:284
- LAVELLE, P. 2002. Functional domains in soils. *Ecological Research* 17:441-450.
- LAVELLE, P. y PASHANASI, B. 1989. Soil fauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). In: *Pedobiologia* 33:283-291.
- LAVELLE, P., SPAIN, A.V. 2001. Soil Ecology. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654 p.

LAVELLE, P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function. *BiolInt* 33:3-16.

LAVELLE, P., SPAIN, A. V., BLANCHART, E., MARTIN, A., MARTIN, S. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. In: *Myths and Science of Soils of the Tropics*. SSSA Special Publication. Madison Wisconsin. p. 157 - 185.

LEE, K. E. 1994. The functional significance of biodiversity in soils. 15th Congress of Soil Sciences. Vol. 4a: Comisión III: Symposia. Acapulco, México. 168 p.

LINARES, D. 2007. Macrofauna del suelo en diferentes sistemas de uso en el Parque Nacional de Tingo María. Tesis Ing. Recursos naturales renovables mención conservación de suelos y agua. Tingo María - Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 44 p.

LINDEN, D. R., HENDRIX, P.F., COLEMAN, D.C., VAN VILET, P.C.J. 1994. Faunal indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). *Defining soil quality for a sustainable Environment*. p. 91-106.

MASTERS, G. J. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes. *Ecological Studies* 173:93-112.

MONTEIRO, F. A., WERNER, J. C. 1989. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: *Simposio sobre ecossistema de pastagens*. (Edit. V. Favoretto e R. Andrade). FUNEP. Jabonicabal, Brasil. 149 p.

- MORRIS, M. G. 2000. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95:129-142.
- ODUM, E. P. 1989. *Ecología* (3^{era} ed.). Edición Revolucionaria. La Habana, Cuba. 639 p.
- PASHANASI B., 2001, Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del Suelo en Diferentes Sistemas de Uso de La Tierra en la Amazonía Peruana. *Folia Amazonica*, Perú. Vol. 12, (1-2). 23 p.
- PRICE, W. P. 1988. An overview of organismal interactions in ecosystems in evolutionary and ecological time. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2:269-377.
- PURVIS, G., CURRY, J. P. 1980. Successional changes in the arthropod fauna of a new lay pasture established on previously cultivated arable land. *Journal of Applied Ecology* 17: 309-321.
- RYPSTRA, A. L., CARTER, P. E., BALFOUR, R. A., MARSHALL, S. D. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on spider inhabitants. *Journal of Arachnology* 27:371-377.
- RODRÍGUEZ, I., CRESPO, G., SÁNCHEZ, R. y FRAGA, S. 2000. Influencia del área sombreada por *Albizia lebbbeck* en indicadores del pasto (*C. nlemfuensis*) y el suelo. *Rev. Cubana. Ciencia agrícola.* 34:273.

- RODRÍGUEZ, I., CRESPO, G., RODRÍGUEZ, C., CASTILLO, E. y FRAGA, S. 2002. Comportamiento de la macrofauna del suelo en pastizales con gramíneas naturales o intercaladas con leucaena para la ceba de toros. *Rev. Cubana Ciencia agrícola*. 36:181.
- RODRÍGUEZ, I., CRESPO, G., FRAGA, S., RODRÍGUEZ, C. y PRIETO, D. 2003. Actividad de la mesofauna y la macrofauna en las bostas durante el proceso de descomposición. *Rev. Cubana Ciencia agrícola*. 37:319
- SÁNCHEZ, S. y REINÉS, M. 2001. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 24:191
- SHIBU, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits; an overview. *Agroforestry systems*, 76: 1-10.
- SIMÓN, L., HERNÁNDEZ, F., REYES y SÁNCHEZ. 2005. Efecto de las leguminosas arbóreas en el suelo y en la productividad de los cultivos acompañantes. *Pastos y Forrajes*, 28: 29-37.
- TAPIA-CORAL, S., LUIZÃO, F., WANDELLI, E. 1999. Macrofauna da liteira em sistemas agroflorestais sobre pastagens abandonadas na Amazônia central. En: *Acta Amazônica*, 29 (3): 477- 495.
- UNAS, 2008. Datos meteorológicos. Estación meteorológica José Abelardo Quiñones. Datos no publicados.
- VERHOEF, H., VAN SELM, A. J. 1983. Distribution and population dynamics of *Collembola* in relation to soil moisture. *Holarctic Ecology* 6:387:394.

- VOLHLAND, K. y SCHROTH, G. 1999. Distribution patterns of the litter macrofauna in agroforestry and monoculture plantations in Central Amazonia as affected by plant species and management. In: Applied Soil Ecology, (13): 57-68.
- WARDLE, D. A. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. Advances in Ecological Research 26:105:185.
- WELLINGTON, J. 1995. Abundancia, Distribuição Vertical e Fenología da fauna de arthropoda de uma região de agua mista, próxima de Manaus, am.
- WICK, F. A., INGRAMB, J. L., STAHL, P. D. 2009. Aggregate and organic matter dynamics in reclaimed soils as indicated by stable carbon isotopes. Soil Biology and Biochemistry. 41: 201-209.
- WILSON, J. R. y WILD, D. W. 1991. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: Forages for plantation crops. (Eds. H.M. Shelton and W.W. Stür), Canberra, Australia. 77 p.
- YEATES, G. W., SHEPERD, T. G., FRANCIS, G. S. 1998. Contrasting response to cropping of populations of earthworms and predacious nematodes in four soils. Soil and Tillage Research 48:255-264.
- ZERBINO, M. S., MORÓN, A. 2003. Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. (Eds. técnicos). Montevideo, INIA. Serie Técnica No. 134. p. 45-53.

X. ANEXO

Apéndice 1.

Anexo A. Número de individuos (ind.m^{-2}) y biomasa (g.m^{-2}) por sistemas (datos originales).

Cuadro 11. Número de individuos (ind.m^{-2}) y biomasa (g.m^{-2}) existentes en la Pastura Sobrepastoreada (ST1)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m^{-2})	Biomasa (g.m^{-2})
ST1	M1	hojarasca	144	1.216
ST1	M1	0-10 cm	512	59.3968
ST1	M1	10-20 cm	32	4.6736
ST1	M1	20-30 cm	0	0
ST1	M2	hojarasca	112	1.5264
ST1	M2	0-10 cm	672	80.0544
ST1	M2	10-20 cm	64	1.2
ST1	M2	20-30 cm	0	0
ST1	M3	hojarasca	64	1.752
ST1	M3	0-10 cm	320	67.5424
ST1	M3	10-20 cm	16	0.3344
ST1	M3	20-30 cm	0	0
ST1	M4	hojarasca	288	2.4304
ST1	M4	0-10 cm	688	114.2912
ST1	M4	10-20 cm	0	0
ST1	M4	20-30 cm	0	0
ST1	M5	hojarasca	288	5.2768
ST1	M5	0-10 cm	448	68.9984
ST1	M5	10-20 cm	16	0.392
ST1	M5	20-30 cm	0	0
ST1	M6	hojarasca	256	2.8256
ST1	M6	0-10 cm	1072	138.232
ST1	M6	10-20 cm	160	8.0336
ST1	M6	20-30 cm	0	0
ST1	M7	hojarasca	192	2.8112
ST1	M7	0-10 cm	640	118.8768
ST1	M7	10-20 cm	16	0.304
ST1	M7	20-30 cm	16	1.1472
ST1	M8	hojarasca	128	1.3792
ST1	M8	0-10 cm	416	73.8128
ST1	M8	10-20 cm	192	38.4048
ST1	M8	20-30 cm	64	23.9936

Cuadro 12. Numero de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura Natural sin Árboles (ST2)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
ST2	M1	hojarasca	128	0.592
ST2	M1	0-10 cm	1680	260.512
ST2	M1	10-20 cm	64	5.1872
ST2	M1	20-30 cm	32	0.5632
ST2	M2	hojarasca	416	0.3392
ST2	M2	0-10 cm	1680	415.2752
ST2	M2	10-20 cm	192	17.3168
ST2	M2	20-30 cm	32	0.3568
ST2	M3	hojarasca	320	0.208
ST2	M3	0-10 cm	784	159.6112
ST2	M3	10-20 cm	112	14.7984
ST2	M3	20-30 cm	0	0
ST2	M4	hojarasca	48	0.2816
ST2	M4	0-10 cm	704	160.88
ST2	M4	10-20 cm	16	4.9152
ST2	M4	20-30 cm	0	0
ST2	M5	hojarasca	64	2.5632
ST2	M5	0-10 cm	512	46.544
ST2	M5	10-20 cm	16	0.1056
ST2	M5	20-30 cm	0	0
ST2	M6	hojarasca	416	0.0864
ST2	M6	0-10 cm	704	96.0672
ST2	M6	10-20 cm	64	1.0208
ST2	M6	20-30 cm	16	0.096
ST2	M7	hojarasca	144	1.5968
ST2	M7	0-10 cm	624	4.432
ST2	M7	10-20 cm	272	145.208
ST2	M7	20-30 cm	0	0
ST2	M8	hojarasca	16	0.5984
ST2	M8	0-10 cm	1024	248.3456
ST2	M8	10-20 cm	128	8.2992
ST2	M8	20-30 cm	0	0

Cuadro 13. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
ST3	M1	hojarasca	80	0.8912
ST3	M1	0-10 cm	1616	90.32
ST3	M1	10-20 cm	704	33.8992
ST3	M1	20-30 cm	1024	40.5952
ST3	M2	hojarasca	112	1.3488
ST3	M2	0-10 cm	2144	51.8272
ST3	M2	10-20 cm	2080	46.8576
ST3	M2	20-30 cm	224	10.5376
ST3	M3	hojarasca	160	0.6784
ST3	M3	0-10 cm	7456	6.7216
ST3	M3	10-20 cm	3248	71.8672
ST3	M3	20-30 cm	1296	11.0032
ST3	M4	hojarasca	144	4.2496
ST3	M4	0-10 cm	1376	47.904
ST3	M4	10-20 cm	496	28.8304
ST3	M4	20-30 cm	464	11.344
ST3	M5	hojarasca	256	1.2736
ST3	M5	0-10 cm	1872	52.3408
ST3	M5	10-20 cm	816	25.848
ST3	M5	20-30 cm	3056	60.2656
ST3	M6	hojarasca	320	1.9264
ST3	M6	0-10 cm	1792	70.456
ST3	M6	10-20 cm	464	4.3792
ST3	M6	20-30 cm	64	0.2704
ST3	M7	hojarasca	352	1.6304
ST3	M7	0-10 cm	5856	157.4752
ST3	M7	10-20 cm	160	2.0816
ST3	M7	20-30 cm	0	0
ST3	M8	hojarasca	320	1.2672
ST3	M8	0-10 cm	1520	68.4976
ST3	M8	10-20 cm	480	28.7264
ST3	M8	20-30 cm	928	41.7312

Cuadro 14. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura Mejorada con Árboles (ST4)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
ST4	M1	hojarasca	320	4.4432
ST4	M1	0-10 cm	1040	50.7872
ST4	M1	10-20 cm	368	9.0768
ST4	M1	20-30 cm	16	1.3696
ST4	M2	hojarasca	576	1.9664
ST4	M2	0-10 cm	1472	86.8048
ST4	M2	10-20 cm	304	5.8672
ST4	M2	20-30 cm	48	0.2096
ST4	M3	hojarasca	832	2.6368
ST4	M3	0-10 cm	1056	142.832
ST4	M3	10-20 cm	528	64.5216
ST4	M3	20-30 cm	16	0.1568
ST4	M4	hojarasca	512	6.8192
ST4	M4	0-10 cm	4432	97.512
ST4	M4	10-20 cm	1088	45.4144
ST4	M4	20-30 cm	32	0.952
ST4	M5	hojarasca	1216	8.7568
ST4	M5	0-10 cm	1888	125.7056
ST4	M5	10-20 cm	656	28.744
ST4	M5	20-30 cm	16	10.2048
ST4	M6	hojarasca	464	8.0128
ST4	M6	0-10 cm	4816	202.2736
ST4	M6	10-20 cm	784	48.576
ST4	M6	20-30 cm	80	5.1184
ST4	M7	hojarasca	704	2.4016
ST4	M7	0-10 cm	3664	149.1552
ST4	M7	10-20 cm	656	48.9296
ST4	M7	20-30 cm	816	45.6224
ST4	M8	hojarasca	320	1.2704
ST4	M8	0-10 cm	1184	183.4976
ST4	M8	10-20 cm	592	33.824
ST4	M8	20-30 cm	80	6.456

Anexo B. índice de Shannon – Wiener en los sistemas ganaderos

Cuadro 15. Número de Orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura Sobrepastoreada (ST1)

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA:		PASTURA SOBREPASTOREADA (ST1)			
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
N°	Detalle				
1	Coleóptera	432	0.063	-2.763	-0.174
2	Gasterópoda	64	0.009	-4.673	-0.044
3	Miriápodo	560	0.082	-2.503	-0.205
4	Haplotaxida	4848	0.708	-0.345	-0.244
5	Hemíptera	46	0.007	-5.003	-0.034
6	Hymenóptera	864	0.126	-2.070	-0.261
7	Orthóptera	32	0.005	-5.366	-0.025
TOTAL		6846			0.987

Cuadro 16. Número de Orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura Natural sin Árboles (ST2)

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA:		PASTURA NATURAL SIN ÁRBOLES (ST2)			
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
N°	Detalle				
1	Araneae	96	0.009	-4.667	-0.044
2	Coleóptera	544	0.053	-2.932	-0.156
3	Haplotaxida	6912	0.677	-0.390	-0.264
4	Hymenóptera	2512	0.246	-1.402	-0.345
5	Isópoda	64	0.006	-5.072	-0.032
6	Orthóptera	80	0.008	-4.849	-0.038
TOTAL		10208			0.879

Cuadro 17. Número de Orden e índice de Shannon – Wiener, en la Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA MEJORADA SIN ÁRBOLES (ST3)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
N°	Detalle				
1	Araneae	288	0.007	-4.956	-0.035
2	Coleóptera	544	0.013	-4.320	-0.057
3	Gasterópoda	384	0.009	-4.668	-0.044
4	Miriápodo	416	0.010	-4.588	-0.047
5	Haplotaxida	17808	0.435	-0.832	-0.362
6	Hemíptera	48	0.001	-6.748	-0.008
7	Hymenóptera	672	0.016	-4.109	-0.067
8	Isópoda	2464	0.060	-2.810	-0.169
9	Isóptera	17680	0.432	-0.839	-0.363
10	Lepidóptera	62	0.002	-6.492	-0.010
11	Orthóptera	544	0.013	-4.320	-0.057
TOTAL		40910			1.219

Cuadro 18. Número de Orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura Mejorada con Árboles (ST4)

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA MEJORADA CON ÁRBOLES (ST4)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
N°	Detalle				
1	Araneae	208	0.007	-4.990	-0.034
2	Coleóptera	768	0.025	-3.684	-0.093
3	Gasterópoda	528	0.017	-4.059	-0.070
4	Miriápodo	400	0.013	-4.337	-0.057
5	Haplotaxida	13312	0.435	-0.832	-0.362
6	Hemíptera	336	0.011	-4.511	-0.050
7	Hymenóptera	848	0.028	-3.585	-0.099
8	Isópoda	3968	0.130	-2.042	-0.265
9	Isóptera	9584	0.313	-1.160	-0.364
10	Lepidóptera	80	0.003	-5.946	-0.016
11	Orthóptera	544	0.018	-4.029	-0.072
TOTAL		30576			1.480

Apéndice 2. Análisis estadístico

Anexo A. Análisis estadísticos de la densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en los sistemas ganaderos.

Cuadro 19. Análisis de varianza de la densidad (ind.m⁻²) en los estratos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	89233400	15	5948893.3	8.92	<0.0001
SISTEMA	24985928	3	8328642.7	12.49	<0.0001
ESTRATO	47606728	3	15868909	23.79	<0.0001
SISTEMA*ESTRATO	16640744	9	1848971.6	2.77	0.0057
Error	74710720	112	667060		
Total	163944120	127			

Cuadro 20. Análisis estadísticos de la densidad (ind.m⁻²) en los sistemas

Sistemas Ganaderos	Medias	n	
Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)	1277.5	32	A
Pastura Mejorada con Árboles (ST4)	955.5	32	A
Pastura Natural sin Árboles (ST2)	319	32	B
Pastura Sobrepastoreada (ST1)	213	32	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

Cuadro 21. Análisis estadístico de la densidad (ind.m⁻²) por niveles de estratos.

Niveles de profundidad o estrato	Medias	n	
Hojarasca	303.5	32	B
0-10 cm	1739.5	32	A
10-20 cm	462	32	B
20-30 cm	260	32	B

Letras distintas indican diferencias significativas($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

Anexo B. Análisis estadísticos de biomasa (g.m^{-2}) de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos.

Cuadro 22. Análisis estadísticos de biomasa (g.m^{-2}) de la macrofauna del suelo en los sistemas ganaderos.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	325001.8	15	21666.79	12.78	<0.0001
SISTEMA	12635.77	3	4211.92	2.48	0.0645
ESTRATO	266871.5	3	88957.18	52.46	<0.0001
SISTEMA*ESTRATO	45494.49	9	5054.94	2.98	0.0032
Error	189937.7	112	1695.87		
Total	514939.5	127			

Cuadro 23. Análisis estadísticos de biomasa (g.m^{-2}) entre sistemas ganaderos.

Sistemas Ganaderos	Medias	n		
Pastura Natural sin Árboles (ST2)	49.87	32	A	
Pastura Mejorada con Árboles (ST4)	44.68	32	A	B
Pastura Mejorada sin Árboles (ST3)	30.53	32	A	B
Pastura Sobrepastoreada (ST1)	25.59	32		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

Cuadro 24. Análisis estadístico de biomasa (g.m^{-2}) por niveles de profundidad

Niveles de profundidad o estrato	Medias	n		
hojarasca	2.35	32		C
0-10 cm	115.53	32	A	
10-20 cm	24.3	32		B
20-30 cm	8.5	32		B C

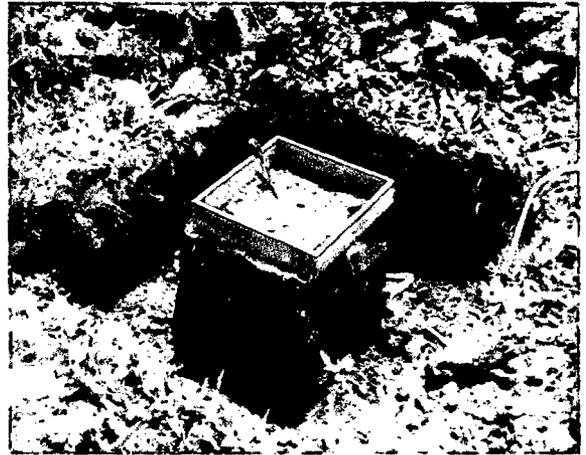
Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$), según prueba de Duncan

Apéndice 3. Imágenes

Anexo A. Imágenes de la colección de muestras



Cuatro estratos (monolito)



Estructura del monolito



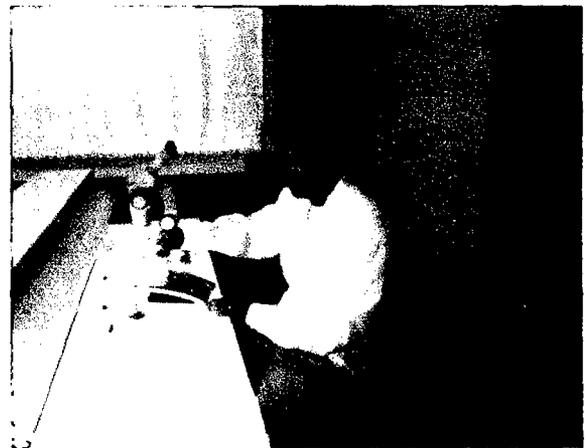
Orden Haplotaenida (lombriz de tierra)



Individuos del estrato 0-10 cm



Conservación de las muestras



Identificación a nivel de Orden