

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS PECUARIAS



MACROFAUNA DEL SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN
GANADERA EN EL DISTRITO DE PALCAZÚ, ISCOZACÍN

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO ZOOTECNISTA

SALDANI SCHMIDT RICHARD DICK

Tingo María – Perú

2013



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE ZOOTECNIA

Av. Universitaria Km. 2 Teléfono: (062) 561280
TINGO MARÍA

"Año de la Promoción de la Industria y del Compromiso Climático"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los que suscriben, Miembros del Jurado de Tesis, reunidos con fecha 14 de enero de 2014, a horas 9:00 am. para calificar la tesis titulada:

"MACROFAUNA DEL SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN GANADERA EN EL DISTRITO DE PALCAZÚ, ISCOZACÍN".

Presentada por el Bachiller **RICHARD DICK SALDANI SCHMIDT**; después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las interrogantes formuladas por el Jurado, se declara aprobada 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, 28 de enero de 2014

.....
MSc. EBER CÁRDENAS RIVERA
Presidente

.....
MSc. MEDARDO DIAZ CÉSPEDES
Miembro

.....
Dr. JORGE RÍOS ALVARADO
Miembro

.....
MSc. RAFAEL ROBLES RODRÍGUEZ
Miembro - Asesor



ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	01
II. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	03
2.1. Macrofauna del Suelo	03
2.2. Grupos funcionales de la macrofauna	04
2.3. Clasificación funcional de la fauna del suelo	05
2.3.1. Herbívoros	05
2.3.2. Detritívoros	07
2.3.3. Depredadores	08
2.4. Relaciones macrofauna hábitat	09
2.4.1. Clima	10
2.4.2. Características del suelo	11
2.4.3. Prácticas de manejo	12
2.5. Indicadores de fauna y monitoreo biológico de la calidad del suelo	13
2.6. Macrofauna en una pastura	14
2.7. Macrofauna de un sistema silvopastoril	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1. Lugar y fecha de ejecución	20

3.2.	Materiales y equipo	21
3.2.1.	Materiales	21
3.2.2.	Equipos	21
3.3.	Metodología	22
3.3.1.	Sistemas de evaluación	22
3.3.2.	Muestreo de macrofauna	23
3.3.3.	Análisis de suelo	25
3.4.	Variables independientes	26
3.5.	Variables dependientes	26
3.5.1.	Densidad	26
3.5.2.	Biomasa	27
3.5.3.	Diversidad	27
3.6.	Determinación de los parámetros físicos y químicos del suelo	28
3.6.1.	pH del suelo	28
3.6.2.	Materia orgánica y nitrógeno total	29
3.7.	Análisis estadístico	29
IV.	RESULTADOS	33
4.1.	Densidad y biomasa en los sistemas ganaderos	33
4.1.1.	Densidad y biomasa por sistema	33
4.1.2.	Densidad y biomasa por profundidad	35
4.2.	Densidad y Biomasa en las profundidades dentro de los sistemas	37
4.2.1.	Densidad (ind.m ⁻²) en las profundidades dentro de los sistemas	37

4.2.2.	Biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) en los niveles de profundidad en los sistemas	39
4.3.	Riqueza de la macrofauna del suelo	41
4.3.1.	Número de individuos a nivel de orden en sistemas ganaderos	41
4.3.2.	Diversidad o riqueza de especies	44
V.	DISCUSIÓN	45
5.1	Densidad y biomasa en los sistema ganaderos	45
5.1.1-	Densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$)	45
5.1.2-	Biomasa ($\text{g}\cdot^{-2}$)	46
5.1.3-	Densidad y biomasa por profundidad	46
5.2.	Densidad ($\text{ind}\cdot\text{m}^{-2}$) y biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$) por profundidad en los sistemas	47
5.3.	Riqueza de la macrofauna del suelo	48
5.3.1.	Número de individuos a nivel de Orden en sistemas ganaderos	48
5.3.2.	Diversidad o riqueza de especies	49
VI.	CONCLUSIONES	51
VII.	RECOMENDACIONES	53
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	54
	ANEXO	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Fuentes de variación y grados de libertad	31
2.	Promedio de individuos. (m^{-2}) y biomasa ($g.m^{-2}$) entre los sistemas evaluados ($n= 32$, Media \pm error estándar)	33
3.	Promedio de individuos. (m^{-2}) y biomasa ($g.m^{-2}$) en las diferentes profundidades ($n= 32$, Media \pm error estándar)	35
4.	Densidad ($ind.m^{-2}$) en los diferentes niveles de profundidad (estratos), evaluados en cuatro sistemas ganaderos ($n= 8$, Media \pm error estándar)	37
5.	Biomasa ($g.m^{-2}$) en diferentes profundidades, evaluados en cuatro sistemas ganaderos ($n= 8$, Media \pm error estándar)	39
6.	Sumatoria de individuos por en diferentes sistemas ganaderos	41
7.	Riqueza específica (S), Índice de Shannon – Wiener (H') e índice de equidad (J) de la macrofauna del suelo en sistemas ganaderos	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Metodología de muestreo para macrofauna del suelo	25
2. Densidad total (ind.m ⁻²) de la macrofauna del suelo en pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin arboles (S3), y pastura mejorada con árboles (S4)	34
3. Biomasa total (g.m ⁻²) de la macrofauna del suelo en pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3), y pastura mejorada con árboles (S4)	35
4. Número de Individuos (ind.m ⁻²) de la macrofauna del suelo en las profundidades evaluadas	36
5. Biomasa Total (g. m ⁻²) de la macrofauna del suelo en los profundidades evaluadas	37
6. Densidad (ind.m ⁻²) de la macrofauna en diferentes niveles de profundidad medido en los diferentes sistemas: pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3) y pastura mejorada con árboles (S4)	38

7.	Biomasa (g.m^{-2}) en diferentes niveles de profundidad medido en los diferentes sistemas: pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3) y pastura mejorada con árboles (S4)	40
8.	Presencia de órdenes (%) en la pastura natural sin árboles (S1)	42
9.	Presencia de órdenes (%) en la pastura natural con árboles (S2)	42
10.	Presencia de órdenes (%) en la pastura mejorada sin árboles (S3)	43
11.	Presencia de órdenes (%) en la pastura mejorada con árboles (S4)	43

SALDANI SCHMIDT, Richard Dick

TESISTA

Ing. M.Sc. ROBLES RODRÍGUEZ, Rafael

ASESOR

I.INTRODUCCIÓN

En América Latina el modelo tradicional de producción ganadera, basado en el manejo de pasturas sin árboles, ha contribuido a la destrucción de los bosques naturales y ha generado serios problemas ambientales. Entre estos se pueden citar: la degradación de los suelos, la pérdida de la diversidad biológica y la contaminación del agua. Para mantener una alta diversidad vegetal, un componente fundamental en el suelo son los macro invertebrados o macrofauna, que actúan reciclando los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, fragmentando y mezclando la hojarasca con el suelo, en este sentido, la macrofauna edáfica desempeña un papel primordial en el ecosistema, debido a que sus funciones están íntimamente relacionadas con los principales procesos que ocurren en el suelo.

La mayoría de las prácticas de manejo del suelo tiene un efecto negativo sobre su macrofauna. Esto se debe a que las comunidades de la macrofauna del suelo son muy sensibles a los cambios de la cobertura del suelo. En la Amazonía Peruana ocurre un cambio muy drástico en la biomasa y

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

Por todo ello, se tiene como problema de investigación: ¿Influyen los diferentes **usos de la tierra en los** sistemas ganaderos sobre la macrofauna edáfica del suelo? a la vez planteándose la siguiente hipótesis: que existe mayor riqueza de macrofauna edáfica del suelo en el sistema con pastura mejorada con árboles, para demostrar esto se plantea los siguientes objetivos:

Objetivo general:

- Evaluar la macrofauna del suelo en diferentes sistemas ganaderos en el distrito de Palcazú - Iscozacín.

Objetivos específicos:

- Determinar la densidad (ind.m^2) y biomasa (gr.m^2) de la macrofauna del suelo en cuatro sistemas ganaderos.
- Determinar la densidad (ind.m^2) y biomasa (gr.m^2) de macrofauna en las diferentes profundidades en cuatro sistemas ganaderos.
- Determinar la diversidad (riqueza) de la macrofauna del suelo en cuatro sistemas ganaderos.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Macrofauna del Suelo

Los invertebrados de mayor tamaño (ancho del cuerpo mayor a 2 mm), constituyen la macrofauna, que se destaca porque su actividad, tiene efectos en la fertilidad y estructura del suelo, en la infiltración y determina la actividad de los organismos más pequeños (CURRY 1987, CURRY & GOOD, 1992).

Los integrantes de este grupo, se caracterizan porque operan en escalas de tiempo y espacio más amplias que los individuos más pequeños, tienen ciclos biológicos largos (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, se reconocen tres grupos funcionales: aquellas especies que se alimentan de las partes vivas de las plantas (herbívoros), las que consumen animales vivos (depredadores) y las que se alimentan de materia orgánica no viva de origen animal y vegetal, de los microorganismos asociados, de heces de vertebrados e invertebrados, así como de compuestos producto del metabolismo de otros organismos (detritívoros) (BROWN *et al.*, 2001). Por su parte la fauna interviene en los procesos edáficos

de dos maneras, directamente por la modificación física de los residuos y del suelo propiamente dicho e indirectamente a través de las interacciones con la comunidad microbiana (GONZÁLEZ *et al.*, 2001).

A través de sus actividades físicas (mezcla del mantillo con el suelo, construcción de estructuras y galerías, agregación del suelo) y metabólicas (utilización de fuentes orgánicas disponibles, desarrollo de relaciones mutualistas y antagonistas) participan en muchos procesos. Al fragmentar las partículas, producir pelotas fecales y estimular la actividad microbiana intervienen en el ciclo de la materia orgánica y de nutrientes. 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). Incluye individuos que son herbívoros, detritívoros y depredadores (BROWN *et al.*, 2001).

2.3. Clasificación funcional de la fauna del suelo

Las funciones que cumplen 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 (Prince, 1988, citado por ZERBINO, 2005).

2.3.1. Herbívoros

Entre 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 el suelo, los cuales en su mayoría son insectos (Coleman, 1976; citado por MASTERS, 2004). 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, 1987), 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 y secos y en pasturas no cultivadas (Stradling, 1978, citado por CURRY, 1987a).

La Familia Gryllidae del Orden Orthoptera se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora. Son habitantes de áreas con vegetación rastrera. Son eficientes cavadores, las ninfas y los adultos abren galerías en el suelo, formando montículos de tierra en la superficie. En las galerías almacenan material verde y permanecen durante el día, a la noche salen a la superficie a cortar hojas. Están presentes en gramíneas y leguminosas forrajeras y en cultivos en sistemas de siembra directa (ARAGÓN, 2003; GASSEN Y GASSEN, 1996).

En cuanto al impacto que puede tener la presencia de los herbívoros de raíces, está determinado que bajos niveles poblacionales aumentan la eficiencia del sistema radicular, beneficiando a las plantas. Por el contrario, cuando las poblaciones son abundantes, causan generalmente la muerte de la planta. Los efectos que pueden causar niveles moderados de herbivoría de raíces son variables y van a estar determinados por el contenido de nutrientes y de agua en el suelo y la competencia entre plantas (MASTERS, 2004).

El importante predominio de los herbívoros podría ser la causa de los bajos valores de riqueza y densidad de detritívoros, dado que estarían consumiendo material vegetal que de otra manera podría estar disponible para este último grupo funcional (MASTERS, 2004; WARDLE Y BARDGETT, 2004)

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 Dictióptera, Díptera e Isóptera. Los individuos que ingieren detritos probablemente sean omnívoros no selectivos (WARDLE, 1995).

En general los organismos que se alimentan de residuos, con excepción de Isóptera, tienen poca capacidad para producir cambios químicos en los residuos; el mayor efecto es el cambio físico a través de la disminución del tamaño de la partícula. 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, desempeña 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).

A su vez las características de las comunidades detritívoras tiene efectos sobre los ciclos de nutrientes, y en consecuencia sobre los productores primarios y los consumidores (herbívoros y depredadores) (MOORE *et al.*, 2004).

2.3.3. Depredadores

ZERBINO (2005), indica que este grupo funcional está integrado por individuos pertenecientes a las clases Arácnida, 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).

Por otra parte, los depredadores pueden ejercer importantes efectos en la producción primaria neta y en la descomposición lo cual a su vez tienen implicancias a nivel de las comunidades y de los ecosistemas (MASTERS, 2004; WARDLE Y BARDGETT, 2004).

2.4. Relaciones macrofauna hábitat

La macrofauna del suelo desempeña un papel importante en los ecosistemas de pastizales ya que participa activamente en los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, de la hojarasca y las excretas de los animales, además acelera de esta forma el proceso de reciclaje de los nutrientes (LAVELLE *et al.*, 1989, citado por RODRIGUEZ *et al.*, 2002.)

Los diversos organismos están ensamblados en intrincadas y variadas comunidades que colectivamente contribuyen con un amplio rango de servicios esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas: intervienen en los ciclos de nutrientes, regulan la dinámica de la materia orgánica, secuestran carbono y regulan la emisión de gases invernadero, modifican la estructura física del suelo y actúan sobre el régimen del agua y la erosión. En consecuencia, mejoran la eficiencia en la adquisición de nutrientes por parte de las plantas y su estado sanitario (ANDERSON, 1994; PANKHURST, 1997). 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, 1987; CURRY Y GOOD, 1992; LINDEN *et al.*, 1994).

Las especies cuya presencia o abundancia reflejan alguna característica del hábitat dentro del cual se encuentran, pueden ser consideradas como bioindicadoras (MC–GEOCH & CHOWN 1998). 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, citado 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 y características de las comunidades vegetales y la distribución y abundancia de los invertebrados (CURRY, 1987).

Este mismo autor menciona que las variaciones microclimáticas asociadas a la estructura y densidad de la vegetación y a la presencia de residuos, afectan considerablemente la distribución de los invertebrados dentro de la pastura y su persistencia durante adversidades climáticas.

Los cambios en las condiciones de temperatura y humedad del suelo como consecuencia de la menor cantidad de residuos, afecta a algunas unidades taxonómicas (MASTERS, 2004; WARDLE Y BARDGETT, 2004).

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, 1987).

Otro aspecto que se debe resaltar es la estructura de la vegetación, principalmente la presencia de diferentes estratos. La cobertura arbórea y/o arbustiva en el ordenamiento de los ecosistemas es de suma importancia, pues garantiza la entrada continua y abundante de material orgánico vegetal y un microambiente más favorable para el establecimiento de los macroinvertebrados del suelo (RODRÍGUEZ *et al.*, 2002).

LOK (2005) expresó que la compactación de los suelos de los pastizales por una determinada carga ganadera, puede reducir la población de invertebrados edáficos. Si bien las preferencias en cuanto a pH son variadas, la mayoría de los organismos evitan los suelos ácidos (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 el nitrógeno total (CLAPPERTON, 2000; ZERBINO y MORÓN, 2003).

2.4.3. Prácticas de manejo

Desde el momento que un sistema natural es modificado para desarrollar actividades agrícola, 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 estos cambios (BROWN *et al.*, 2001).

La macrofauna responde a las prácticas de manejo del suelo (secuencia de cultivos, método de preparación del suelo, ingreso de materia orgánica fresca, etc.) en escalas de tiempo de meses o años, como resultado de las perturbaciones físicas que se producen, de la distribución de los residuos y de las comunidades de plantas presentes (LAVELLE y SPAIN, 2001, WARDLE 1995). Esto facilita su potencial como indicadores biológicos.

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).

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, 1980 citado por ZERBINO, 2005).

En particular, la macrofauna del suelo responde al manejo en escalas de tiempo de meses o años, por lo que ha sido destacada por su potencial como indicador biológico (LAVELLE Y SPAIN, 2001). 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).

Debido a su susceptibilidad y rápida respuesta ante los cambios en la cobertura, la transformación de la vegetación, el comportamiento ante distintas variables ambientales y la actividad ecológica que desempeñan, muchos autores

proponen su uso como indicadores de calidad o alteración ambiental (LAVELLE, 2003).

LOK (2005) planteó que los organismos de la macrofauna prefieren los restos vegetales con una relación C/N relativamente baja, por ser de más fácil acceso y descomposición, lo que explica su fuerte selectividad hacia la vegetación que existe sobre el suelo. Las plantas y los desechos orgánicos proveen los hábitats y los alimentos para la edafofauna, y el adecuado contenido de materia orgánica favorece no solo las propiedades físico-químicas, sino también proporciona una fuente energética que estimula la actividad de los invertebrados del suelo.

Las diferencias en la composición y en la proporción de los grupos funcionales de las comunidades de la macrofauna, indican que el tipo, la riqueza de especies vegetales y el manejo son aspectos que tienen efecto sobre estos organismos (ALTIERI, 1999; DUBS *et al.*, 2004), porque determinan los recursos disponibles y afectan las interacciones entre los herbívoros, sus controladores y los detritívoros (MOORE *et al.*, 2004; SIEMANN, 1998).

2.6. Macrofauna en una pastura

Los contenidos de humedad, en especial, favorecen la rápida colonización de las excretas; mientras que en los sistemas tradicionales (solamente a base de pasto) la sequedad en el suelo y la influencia directa de la

temperatura ambiental dan lugar a la formación de las costras y el endurecimiento de las excretas, limitando su desaparición en el pastizal por medio de la fauna coprófaga (SOCA, *et al.*, 2006).

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

En condiciones de pastoreo rotativo, sólo son afectados los individuos que viven sobre el suelo; mientras que en condiciones de sobrepastoreo los individuos detritívoros y depredadores son afectados negativamente y los herbívoros de raíz son favorecidos, (ZERBINO, 2005). 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, 1987).

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

organica 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).

2.7. Macrofauna de un sistema silvopastoril

Dentro de los órdenes los más representados en las unidades o silvopastoreo, fueron el orden Haplotáxida, que agrupa a las lombrices de tierra, seguido de Coleóptera; éstos 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).

HUAMANYAURI (2011) encontró que las órdenes con mayor cantidad de individuos presentes en los sistemas pasturas mejoradas con árboles y pasturas mejoradas sin árboles son la Haplotáxida, Isóptera, isópoda e Hymenóptera, y en cuanto a los sistemas pastura natural sin árboles y pastura sobrepastoreada las ordenes más abundantes fueron Haplotáxida, Hymenóptera, y coleóptera.

Los resultados reportados por SOCA, *et al.*, (2006), le permiten afirmar que la presencia de los árboles en los sistemas ganaderos promueve el desarrollo de la fauna edáfica, la cual deteriora la fuente de incubación de muchas enfermedades del ganado bovino y tiene un papel preponderante en la rápida

descomposición de las excretas; con ello no solo mejora la incorporación de nutrientes al ecosistema, sino también disminuyen las pérdidas por volatilización del nitrógeno presente en estas.

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 a 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 amazonia 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. HUAMANYAURI (2011) menciona que el sistema con mayor cantidad de macrofauna tanto en biomasa como en densidad es la pastura mejorada sin árboles, seguido de pastura mejorada con árboles.

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 introducción de los árboles en los pastizales contribuye a incrementar la densidad de individuos por área, así como la diversidad de estos, lo cual parece influir de forma positiva en los nutrientes del suelo y especialmente en el nitrógeno fácilmente aprovechable por las plantas (SANCHEZ *et al.*, 2003).

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 con respecto a las áreas de pastos en monocultivo. 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).

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).

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 ($H' = 1.37$). HUAMANYAURI (2012) encontró con el índice de Shannon-Weaver, que el sistema más diverso fue la Pastura Mejorada con Arboles ($H' = 1.480$), mientras que en pastura sobrepastoreada ($H' = 0.987$).

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 Amazonia 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 Haplotaenidia, en pastura mejorada con 914 ind. m^{-2} , evaluado en la ciudad de Yurimaguas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar y fecha de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en las instalaciones del Fundo "EL PORVENIR" ubicado en el distrito de Palcazú, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, entre las cordilleras de Yanachaga Chemillen y San Matías San Carlos. Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas 11°12'30" latitud sur y 74°41'15" longitud oeste en referencia al meridiano de Greenwich, a una altitud promedio de 330 m.s.n.m. presentando una temperatura promedio anual de 25°C, precipitación media anual de 6351mm³ y una humedad relativa de 81%, está considerada como bosque húmedo-tropical.

El presente estudio tuvo una duración de 5 meses de agosto a diciembre del 2013.

3.2. Materiales y equipo

3.2.1. Materiales

- Palana
- Wincha de 50 m
- Machete
- Bolsas plásticas 14 x 20
- Tijeras
- Pinzas
- Lupa
- Frascos de plástico
- Lapicero
- Cuaderno de apuntes
- Formol al 4%
- Alcohol al 70 %

3.2.2. Equipos

- Balanza de precisión digital
- Cámara fotográfica
- Termómetro digital de suelo
- Estereoscopio
- Calculadora

- Computadora
- GPS
- Impresora

3.3. Metodología

El desarrollo del presente trabajo se realizó en época seca que comprende los meses de agosto a octubre, para el estudio se consideró cuatro sistemas ganaderos:

3.3.1. Sistemas de evaluación

Pastura natural sobrepastoreada sin árboles (S1): ubicado a la margen derecha en la ribera del río Palcazú; presenta especies nativas de pastos como *Axonopus compressus* (torourco) y *Pseudoelephantopus spicatus* (mata pasto), fueron establecidas hace más de 50 años, actualmente cuenta con una carga animal de 2.5 UA, consta con un área de 10 hectáreas.

Pastura natural con árboles de regeneración natural (S2): está ubicada en la margen izquierda en la ribera del río Palcazú; consta con 10 hectáreas de extensión con pastura natural de *Axonopus compressus* (torourco), fueron establecidas hace más de 50 años, con una carga animal de 0.5 UA. y se estableció un sistema silvopastoril con regeneración natural hace 6 años, con una densidad de 180 árboles por hectárea.

Pastura mejorada sin árboles (S3): está ubicado en el margen derecho de la carretera marginal de la selva; este potrero fue establecido hace 15 años con pastura mejorada (*Brachiaria brizantha*). El uso del suelo anterior a la pastura, fue pasturas naturales por lo cual para hacer el mejoramiento de pastos se empleó el arado, actualmente se está manejando con una carga animal de 1.5 U.A. y tiene una extensión de 2.5 ha.

Pastura mejorada con árboles (S4): ubicado en el margen izquierdo de la carretera marginal de la selva, el terreno es accidentado; fue establecido hace 12 años con pasturas mejorada como (*Brachiaria brizantha*). El uso del suelo anterior a la pastura, fue una purma de 10 años. La densidad arborea es de 150 árboles por hectarea, actualmente se estamanejando con una carga animal 1.2 U.A. y tiene una extencion de 3 ha.

3.3.2. Muestreo de macrofauna

El muestreo de la macrofauna del suelo se evaluó siguiendo un método similar al propuesto por el Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (ANDERSON y INGRAM, 1993). El área de una unidad evaluada fue un monolito de 25 cm x 25 cm x 30 cm de profundidad dentro de un transepto elegido al azar dentro del sistema que se evaluó.

Por cada uso de la tierra descrita se tomó 8 muestras (monolitos) entre cada 10 metros de cada transepto; por lo cual, se realizó treinta y dos puntos

de muestreo en total. Cada muestra representa un monolito y se separaron los individuos presentes en cuatro estratos sucesivos (hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm), tal como se describe en la figura 1. Se tomaron individuos mayores que 2 mm para ser considerados como macrofauna. Los artrópodos 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 los macro invertebrados fueron contados, pesados e identificados hasta el nivel taxonómico de orden.

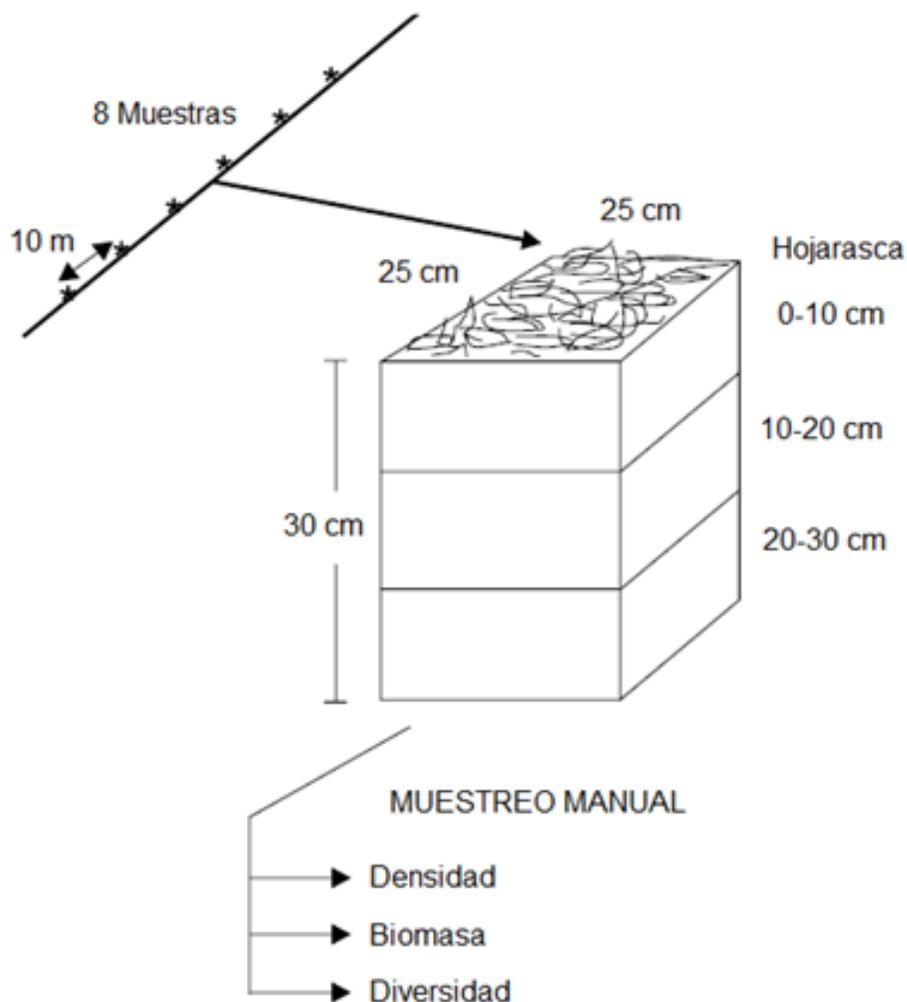


Figura 1. Metodología de muestreo para macrofauna del suelo (según Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF, IUBS/UNESCO 1999).

3.3.3. Análisis de suelo

Se realizó el análisis físico químico de suelos antes del muestreo de la macrofauna para después realizar la interpretación física química del suelo y la correlación con la población de la macrofauna existente.

3.4. Variables independientes

Las variables independientes fueron los diferentes **usos de la tierra** en sistemas ganaderos en estudio: Pastura Natural Sobrepastoreada (S1), Pastura Natural con Arboles de regeneración natural (S2), Pastura Mejorada sin Arboles (S3) y Pastura Mejorada con Arboles (silvopastura) (S4).

3.5. Variables dependientes

Las variables de medición en el presente trabajo de investigación fueron:

- Densidad (ind.m⁻²).
- Biomasa (gr.m⁻²).
- Diversidad.

3.5.1. Densidad

Se estimó cuantitativamente la densidad (número de individuos/m²), y por estrato (hojarasca, 0-10, 10-20 y 20-30 cm), de acuerdo a los diferentes **usos de la tierra** sistemas evaluados. Dado que para cada muestreo se utilizó un cuadrado de 25 cm de lado, lo que representa 1/16 m², los datos de cada punto de muestreo se multiplicaron por 16 para obtener las unidades de número de individuos por m² (ind.m²) (CORREIA y OLIVEIRA, 2000).

3.5.2. Biomasa

La biomasa (gr.m^{-2}), se calculó mediante el pesado fresco de los individuos en los diferentes usos de la tierra, con una balanza analítica. Se pesó en gramos de peso fresco gr.m^{-2} , primero por estrato y luego se realizó la sumatoria para determinar el total de biomasa por sistema de uso de la tierra, metodología utilizada por Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF, IUBS/UNESCO 1999).

3.5.3. Diversidad

La diversidad mide la riqueza de especies (número de especies) encontradas en cada sistema de uso de la tierra. Se utilizó dos indicadores que son:

Índice de Shannon-Wiener (H'), según la ecuación siguiente:

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

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

Dónde:

H' : Índice de Shannon-Wiener que 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): MAGURRAN, 1989; BEGON *et al.*, 1997.

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

Dónde:

H' : Índice de diversidad de Shannon-Wiener.

S : Número de especies o unidades taxonómicas.

ln : Logaritmo natural.

3.6. Determinación de los parámetros físicos y químicos del suelo

3.6.1. pH del suelo

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

3.6.2. 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

Para este trabajo de investigación se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial, con cuatro sistemas y 8 repeticiones por sistema. Se incorpora estadística descriptiva para las proporciones. Para el desarrollo estadístico se utilizó el software INFOSTAT (versión libre). Los datos de densidad (ind.m²) y biomasa (g. m²) de la macrofauna del suelo fueron inicialmente normalizados ($\sqrt{x}+ 0.357$), por no presentar una distribución normal.

Dónde:

Factor (A) = Sistemas ganaderos **de uso de la tierra (SUT):**

a1= Pastura Natural Sobrepastoreada (S1)

a2 = Pastura Natural con Arboles (S2)

a3 = Pastura mejorada sin Arboles (S3)

a4 = Pasturas Mejoradas con Arboles (S4)

Factor (B) = Profundidades (P).

b1= hojarasca (P1)

b2= 0-10 cm de profundidad (P2)

b3 = 10-20 cm de profundidad (P3)

b4 = 20-30 cm de profundidad (P4)

El modelo estadístico a emplear es la siguiente:

$$Y_{ij} = u + A_i + B_j + A_i * B_j + E_{ij}$$

Dónde:

U= Media muestral

A_i= Efecto del i-ésimo sistema ganadero (1, 2, 3 y 4)

B_j = Efecto de la j-ésima profundidad (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) a emplear es:

Cuadro 1. Fuentes de variación y grados de libertad

Fuentes de variación	Grados de libertad
Sistema ganadero de uso de la tierra (SUT)	3
Profundidades	3
Sistema ganadero * profundidad	9
Error	8
TOTAL	23

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se usó el paquete estadístico Info Stat 2010, se realizó el análisis de varianza con una confiabilidad de 95 %, los datos se presentan como: promedio \pm Error Estándar, ($X \pm EE$) asimismo se añaden gráficos que ilustran con mayor detalle los resultados obtenidos.

TRATAMIENTOS

T1 : isisisi msjsjs sm (S1 x P1) MANTEN LOS MISMAS LETRAS DE LA DESCRIPCIÓN

T2 : SUT1 x P2

T3 : SUT1 x P3

T4 : SUT1 x P4

T5 : SUT2 x P1

T6 : SUT2 x P2

T7 : SUT2 x P3

T8 : SUT2 x P4

T9 : SUT3 x P1

T10 : SUT3 x P2
T11 : SUT3 x P3
T12 : SUT3 x P4
T13 : SUT4 x P1
T14 : SUT4 x P2
T15 : SUT4 x P3
T16 : SUT4 x P4

IV. RESULTADOS

4.1. Densidad y biomasa en los sistemas ganaderos

4.1.1. Densidad y biomasa por sistema

Cuadro 2. Promedio de individuos. (m^{-2}) y biomasa ($g.m^{-2}$) entre los sistemas evaluados ($n= 32$, media \pm error estándar).

Sistema	n	Densidad ($ind.m^{-2}$)	Biomasa ($g.m^{-2}$)
Pastura mejorada sin árboles (S3)	32	159.0 ± 47.39^a	12.93 ± 4.00^a
Pastura natural con árboles (S2)	32	151.5 ± 31.53^a	14.60 ± 3.67^a
Pastura mejorada con árboles (S4)	32	122.0 ± 23.77^a	5.98 ± 1.84^b
Pastura natural sin árboles (S1)	32	38.0 ± 08.91^b	2.36 ± 0.75^b
p - valor		<0.0148	0.0094

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

La densidad de la macrofauna del suelo (cuadro 2 y figura 3) por sistema demostró diferencia significativa entre los sistemas evaluados ($p < 0.05$), el S3, S2 y S4, con (159.0 , 151.5 y 122.0 $ind.m^{-2}$ respectivamente), que presentaron mayor densidad en comparación al S1, con 38.0 $ind.m^{-2}$. En cuanto a biomasa también se encontró diferencia significativa en los sistemas evaluados ($p < 0.05$), el

S3 y el S2 con (12.93 y 14.60 g.m² respectivamente) que presentaron mayor biomasa en comparación al S4 y S1 (5.98 y 2.36 g.m² respectivamente).

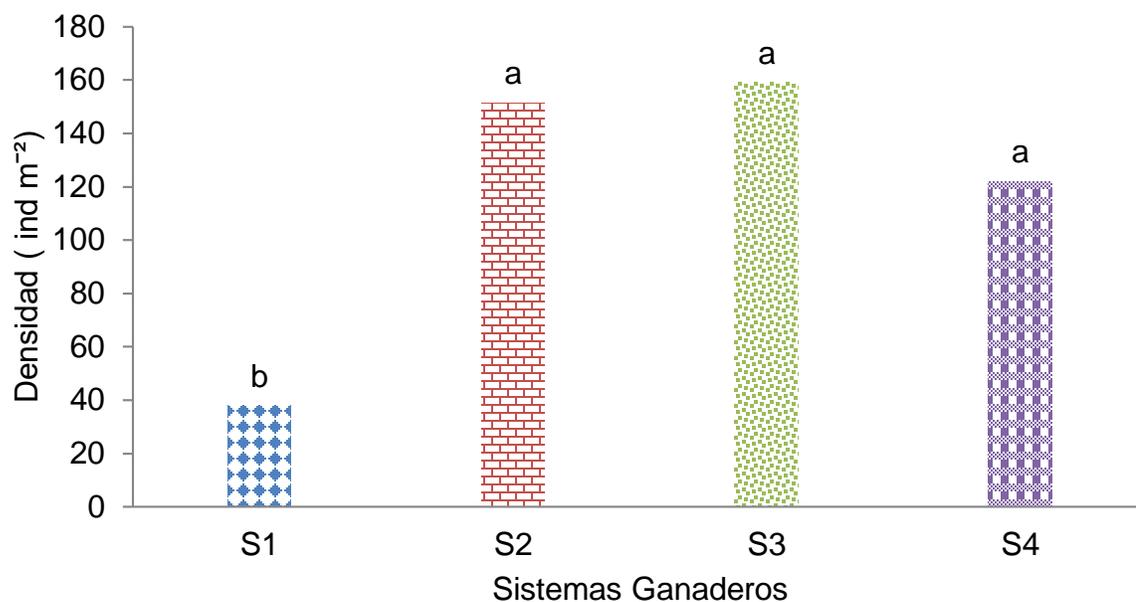


Figura 2. Densidad total (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3), y Pastura mejorada con árboles (S4).

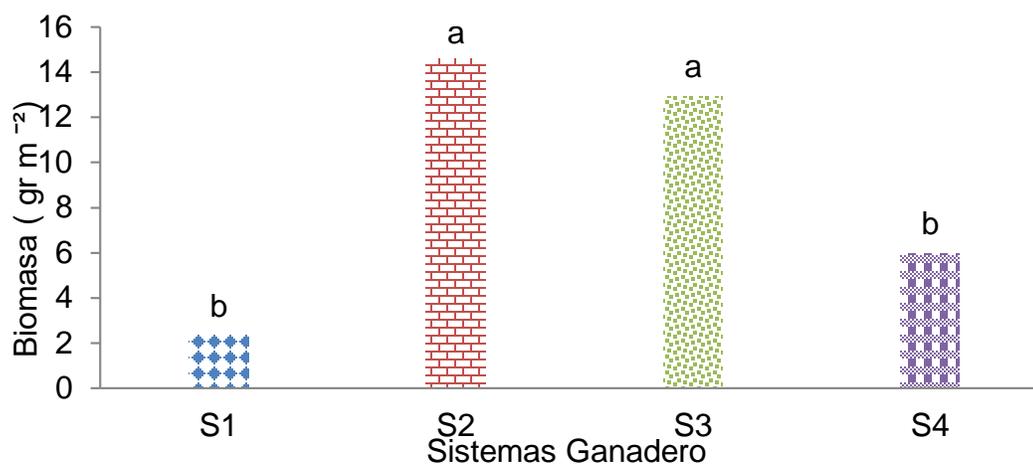


Figura 3. Biomasa total (g.m⁻²) de la macrofauna del suelo en pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3), y pastura mejorada con árboles (S4).

4.1.2. Densidad y biomasa por profundidad

Cuadro 3. Promedio de individuos. (m²) y biomasa (g.m⁻²) en las diferentes profundidades (n= 32, media ± error estándar).

PROFUNDIDAD	n	Densidad		Biomasa	
		ind.m ⁻²	Ind.ha	g.m ⁻²	Kg.ha
HOJARASCA	32	116.5 ± 0.91 ^b	1165000	3.99 ± 1.22 ^b	39.9
0 - 10 cm	32	308.0 ± 1.33 ^a	3080000	25.5 ± 3.81 ^a	255
10 - 20 cm	32	31.0 ± 0.71 ^c	310000	3.76 ± 1.93 ^b	37.6
20 - 30 cm	32	15.0 ± 0.63 ^c	150000	2.63 ± 2.25 ^b	26.3
p - valor		<0.0001		<0.0001	

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

En cuanto a los diferentes estratos se observa que existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los sistemas evaluados, siendo la profundidad de 0–10 cm la que presentó la mayor cantidad de individuos, y a mayor profundidad es menor la cantidad de individuos. En cuanto a la biomasa se puede observar que también existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las profundidades siendo el de 0–10 cm el que presenta mayor biomasa y el de 20–30 cm el que presentó la menor biomasa.

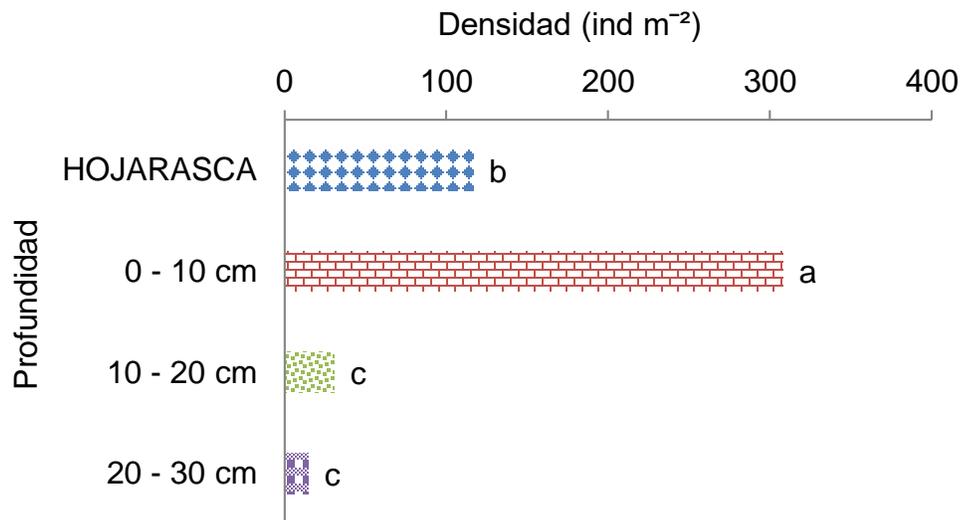


Figura 4. Número de Individuos (ind.m⁻²) de la macrofauna del suelo en las profundidades evaluadas.

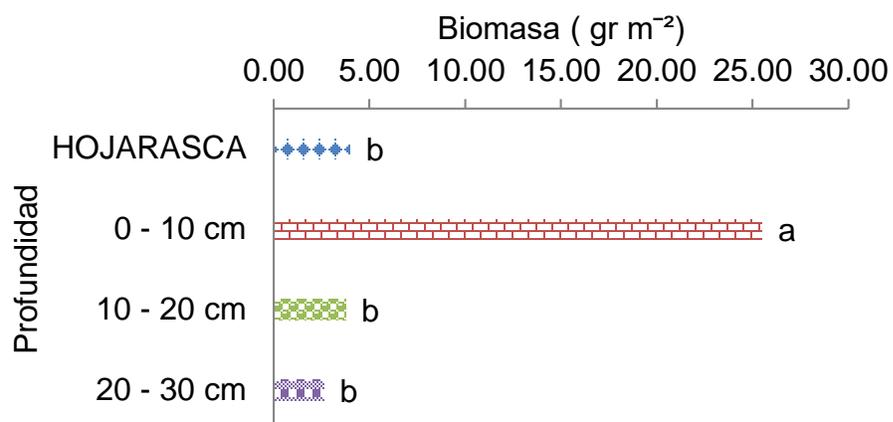


Figura 5. Biomasa Total (g. m⁻²) de la macrofauna del suelo en las profundidades evaluadas.

4.2. Densidad y Biomasa en las profundidades dentro de los sistemas.

4.2.1. Densidad (ind.m⁻²) en las profundidades dentro de los sistemas

Cuadro 4. Densidad (ind.m⁻²) en los diferentes niveles de profundidad, evaluados en cuatro sistemas ganaderos (n= 8, media \pm error estándar).

SISTEMA	Densidad (ind.m ⁻²)			
	Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
S1	62 \pm 16.12 ^a	70 \pm 22.00 ^c	20 \pm 13.44 ^a	0 \pm 0.00 ^a
S2	176 \pm 56.89 ^a	348 \pm 66.23 ^b	40 \pm 20.06 ^a	42 \pm 22.21 ^a
S3	60 \pm 22.17 ^a	546 \pm 100.71 ^a	30 \pm 19.23 ^a	0 \pm 0.00 ^a
S4	168 \pm 35.39 ^a	268 \pm 49.01 ^b	34 \pm 12.63 ^a	18 \pm 14.00 ^a

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

WEGshadr

En cuanto a la densidad (ind.m⁻²) en los diferentes niveles de profundidad por sistemas ganadero se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.05$) solo en el estrato 10-20 cm, siendo la pastura mejorada sin árboles (S3), quien obtuvo la mayor cantidad de individuos identificados con 546 ind.m⁻²; en las demás profundidades de hojarasca, 10-20 cm y 20-30 cm no se encontró diferencia significativa entre los sistemas.

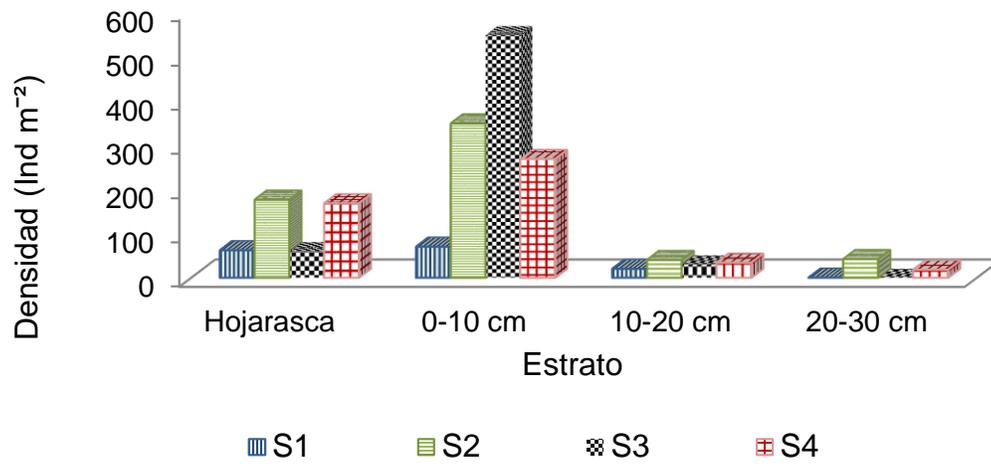


Figura 6. Densidad (ind.m⁻²) de la macrofauna en diferentes niveles de profundidad medido en los diferentes sistemas: pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3) y pastura mejorada con árboles (S4).

4.2.2. Biomasa (g.m^{-2}) en los niveles de profundidad en los sistemas.Cuadro 5. Biomasa (g.m^{-2}) en diferentes profundidades, evaluados en cuatro sistemas ganaderos ($n= 8$, media \pm error estándar).

SISTEMA	Biomasa(gr.m^{-2})			
	Hojarasca	0 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
S1	2.57 ± 1.58^a	5.77 ± 2.03^c	1.11 ± 0.75^a	0 ± 0^a
S2	9.03 ± 4.18^a	29.85 ± 6.60^b	10.45 ± 8.80^a	10.47 ± 8.84^a
S3	2.56 ± 1.17^a	45.85 ± 8.35^a	2.81 ± 2.29^a	0 ± 0^a
S4	1.78 ± 0.49^a	20.51 ± 4.38^b	1.49 ± 0.63^a	0.05 ± 0.03^a

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

S1 : Sistema con pastura natural sin árboles
 S2 : Sistema con pastura natural con árboles
 S3 : Sistema con pastura mejorada sin árboles
 S4 : Sistema con pastura mejorada con árboles

Con respecto a biomasa (g.m^{-2}) dentro de los sistemas, en las profundidades hojarasca, 10 – 20 cm y 20 – 30 cm no se encontró diferencia significativas ($p \leq 0,05$), pero si se encontró diferencia significativa en la profundidad de 0 – 10 cm, en el cuadro 5 se observa que el S3 muestra una mayor biomasa que los demás sistemas y el S1 muestra la menor biomasa.

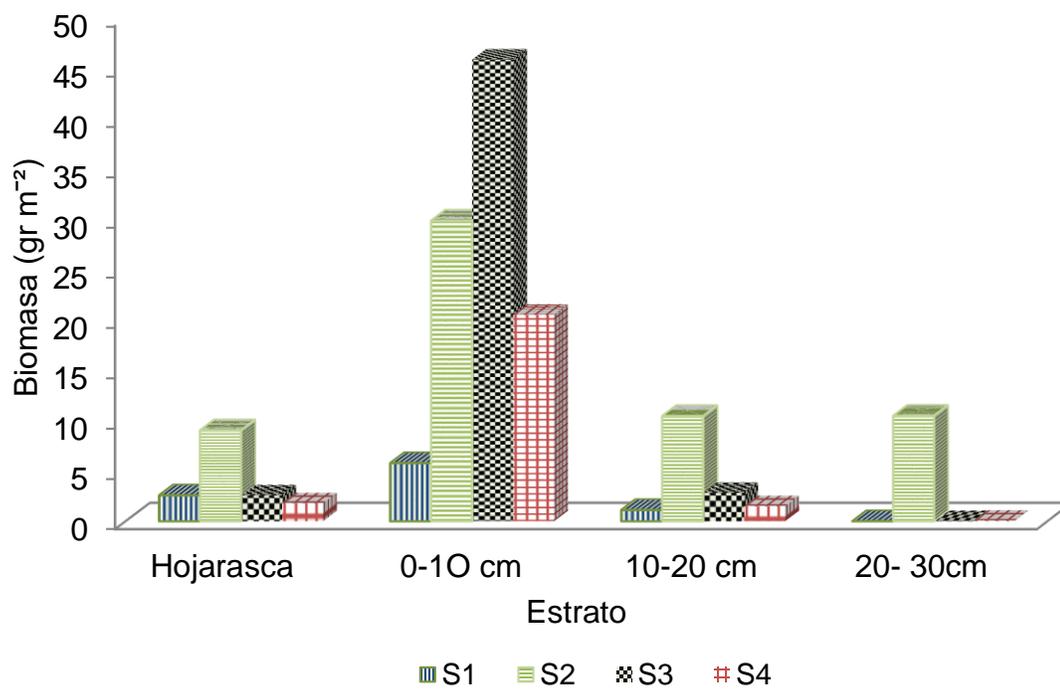


Figura 7. Biomasa (g.m²) en diferentes niveles de profundidad medido en los diferentes sistemas: pastura natural sin árboles (S1), pastura natural con árboles (S2), pastura mejorada sin árboles (S3) y pastura mejorada con árboles (S4).

4.3. Riqueza de la macrofauna del suelo

4.3.1. Número de individuos a nivel de orden en sistemas ganaderos

Cuadro 6. Sumatoria de individuos en diferentes sistemas ganaderos.

Órdenes	Número de ind.m ⁻² en cada sistema ganadero							
	S1	%	S2	%	S3	%	S4	
Diplura	16	1.35	512	10.60	384	7.55	48	1.23
Coleóptera	576	48.65	64	1.32	80	1.57	-	-
Haplotáxida	-	-	2576	53.31	4208	82.70	2464	63.11
Hymenóptera	32	2.70	896	18.54	128	2.52	1280	32.79
Orthoptera	544	45.95	512	10.60	288	5.66	64	1.64
Julida	16	1.35	16	0.33	-	-	-	-
Gasterópoda	-	-	64	1.32	-	-	-	-
Isópoda	-	-	160	3.31	-	-	16	0.41
Díptera	-	-	32	0.66	-	-	-	-
Cyclophilloidea	-	-	-	-	-	-	32	0.82
TOTAL	1184	100	4832	100	5088	100	3904	100

En el cuadro 6, se observa que el S2, S3 y S4 presentaron mayor cantidad de individuos de la orden Haplotáxida e Hymenóptera, mientras que el S1, presentó mayor cantidad de individuos en las ordenes Coleóptera y Orthoptera.

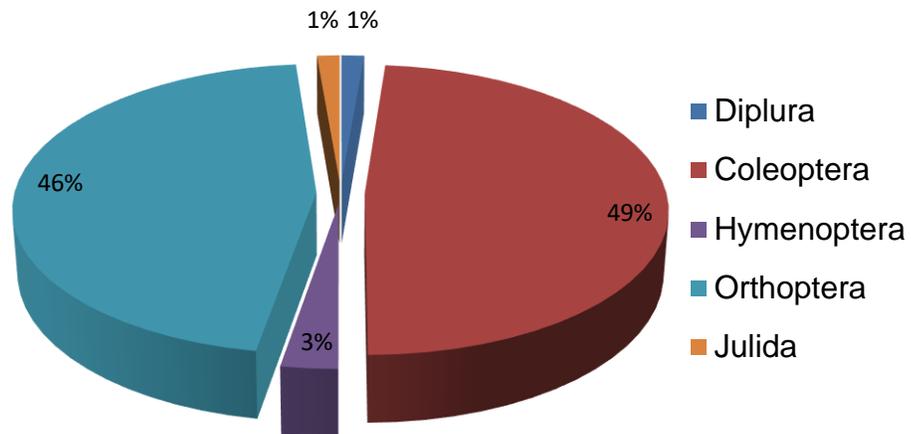


Figura 8. Presencia de órdenes (%) en la Pastura natural sin árboles (S1).

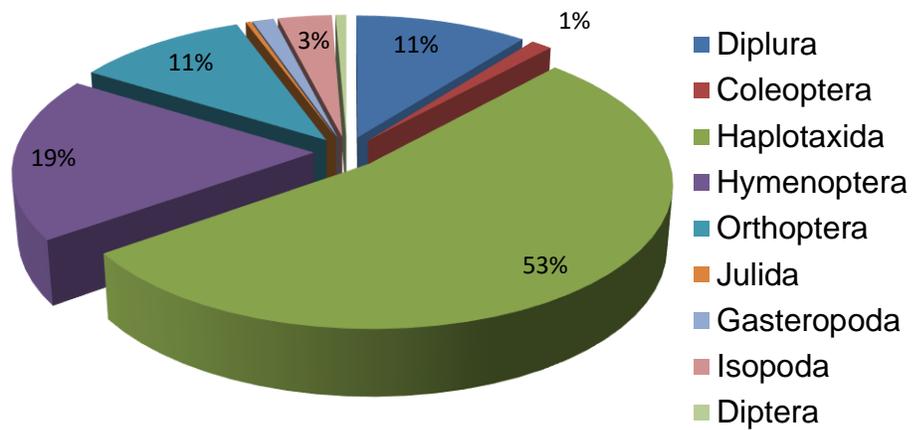


Figura 9. Presencia de órdenes (%) en la Pastura natural con árboles (S2).

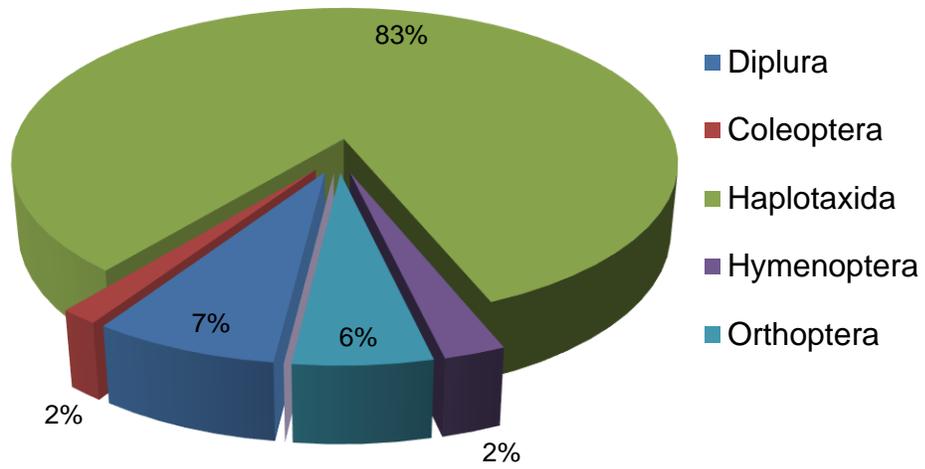


Figura 10. Presencia de órdenes (%) en la Pastura mejorada sin árboles (S3).

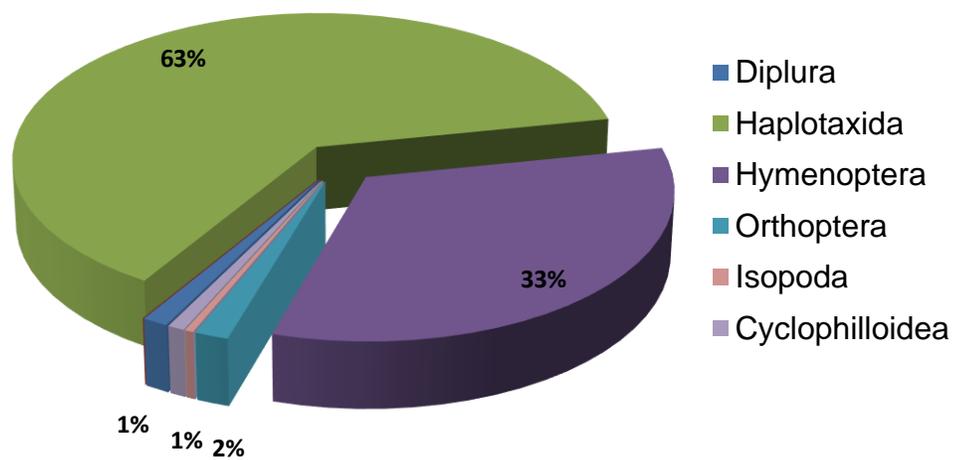


Figura 11. Presencia de órdenes (%) en la Pastura mejorada con árboles (S4).

4.3.2. 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 los sistemas ganaderos.

Sistemas Ganaderos	S	H'	J
Pastura Natural sin Árboles (S1)	5	0.922	0.184
Pastura Natural con Árboles (S2)	9	1.403	0.156
Pastura Mejorada sin Árboles (S3)	5	0.673	0.135
Pastura Mejorada con Árboles (S4)	6	0.839	0.140

Elaboración propia.

En el cuadro 7 el índice de Shannon-Wiener (H'), el S2, fue el más diverso que los otros sistemas ganaderos evaluados con (H' = 1.403) y el menos diverso fue el S3 con (H' = 0.673), con respecto al índice de equidad (J), se observó que la diversidad se distribuyó de una manera más uniforme en el S1 comparado con los otros sistemas.

V. DISCUSIÓN

5.1. Densidad y biomasa en los sistemas ganaderos

5.1.1. Densidad (ind.m⁻²)

En cuanto al número de individuos por metro cuadrado (ind.m⁻²) (cuadro 2), se encontró una igualdad estadística entre los sistemas S3, S2 y S4 con (159.0, 151.5, 122.0 ind.m⁻² respectivamente), pero observándose una diferencia significativa con el S1, con 38.0 ind.m⁻² esto debido a la compactación de los suelos de los pastizales por una determinada carga ganadera, que puede reducir la población de invertebrados (LOK 2005). Resultados diferentes son reportados por HUAMANYAURI (2012) y PASHANASI (2001) quienes encontraron en sistemas con pasturas mejoradas sin árboles (900, 914 ind.m⁻²) y con árboles (687 ind.m⁻²).

En cuanto a los sistemas con árboles (S2 y S4) se obtuvo un número alto de individuos porque éstos proporcionan condiciones edafológicas que favorecen el desarrollo de una rica y variada fauna en el suelo; así lo demuestran los estudios realizados por SANCHEZ y REINÉS (2001); mientras que la pastura natural sin árboles se obtuvo menor cantidad de individuos debido al incremento

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

5.1.2. Biomasa ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

En cuanto a la biomasa también se encontró diferencia significativa en los sistemas evaluados, pero al mismo tiempo existe una igualdad estadística entre los sistemas S3 y S2 con (12.93 y 14.60 $\text{g}\cdot\text{m}^2$ respectivamente) y los sistemas S4 y S1 con (5.98 y 2.36 $\text{g}\cdot\text{m}^2$ respectivamente). Resultados que no concuerdan con HUMANYAURI (2012) quien encontró una mayor biomasa en los sistemas con pastura mejorada con y sin árboles (27.80 y 20.28 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ respectivamente) comparado a los sistemas con pastura natural (17.25 y 11.24 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$); esto puede deberse a que 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, citado por CORREIA, 2002).

5.1.3. Densidad y biomasa por profundidad

En el cuadro 3 se observa una alta diferencia significativa entre los diferentes niveles de profundidad evaluados, obteniéndose como resultado que en la profundidad de 0-10 cm se encontró la mayor cantidad de individuos y biomasa

con 308.0 ind.m⁻² y 25.5 g.m⁻² respectivamente. Resultados que coinciden con HUAMANYAURI (2012) quien también encontró mayor cantidad de individuos y biomasa en el estrato de 0-10 cm de profundidad con 1461,76 ind.m⁻² y 102,27 g.m⁻² Esto debido a que las pasturas cultivadas producen un mantillo de alta calidad y hay un mayor aporte de materia orgánica que favorece su actividad (FRASER *at 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 WELLINTON (1995).

Mientras que en la profundidad hojarasca se encuentra una considerable densidad de individuos (116.5 ind.m⁻²) pero su biomasa disminuye (3.99 g.m⁻²) esto es debido a que en esta profundidad la mayoría de insectos encontrados fueron hormigas quienes no tienen un peso considerable.

5.2. Densidad (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) por profundidad en los sistemas

Al comparar los diferentes sistemas ganaderos con los diferentes niveles de profundidad, no se encontró diferencia significativa en los estratos hojarasca, 10-20 cm y 20-30 cm por el contrario se encontró diferencia significativa en el estrato de 0-10 cm en el cual sobresale el S3, tanto en densidad como en biomasa (546 ind.m⁻² y 45.85 g.m⁻² respectivamente) y la menor cantidad en cuanto a densidad y biomasa se obtuvo el S1 (70 ind.m⁻² y 5.77 g.m⁻²). Lo cual coincide con los datos encontrados por HUAMANYAURI (2012), quien encontró también mayor densidad y biomasa en el estrato de 0 – 10 cm que va desde 577.59 hasta

2640.21 ind.m⁻², destacando la pastura mejorada sin árboles y con una biomasa que va desde 61.36 hasta 145.03 g.m⁻² destacando la pastura natural sin árboles, esto se atribuye a lo mencionado por WELLINGTON, 1995 quién menciona que la mayor densidad de individuos ocurre en el estrato superficial del suelo de 0 – 10 cm de profundidad.

5.3. Riqueza de la macrofauna del suelo

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

La mayor densidad de individuos corresponde a la Orden Haplotáxida (lombrices) en todos los sistemas evaluados, excepto en la pastura natural sin árboles (S1) el cual no presentó ningún individuo de la orden Haplotáxida debido a que la textura del suelo era demasiado arenosa. Estos resultados concuerdan con HUAMANYAURI (2012) y PASHANASI (2001), quienes también encontraron una mayor densidad de individuos de la Orden Haplotáxida (lombriz de tierra) en todos los sistemas evaluados ya que las pasturas son favorables para el desarrollo de numerosas poblaciones de lombrices. Esto confirma anteriores observaciones realizadas en pastizales naturales y mejorados (LAVELLE y PASHANASI, 1989).

Con respecto al orden Hymenóptera se encontró mayor cantidad en los sistemas con árboles S2 y S4 (896 y 2464 ind.m⁻²) comparado a los sistemas sin árboles S1 y S3 (32 y 128 ind.m⁻²), según Stradling, 1978, citado por CURRY,

1987 los individuos de este orden son insectos sociales, los cuales tienden a ser más abundantes en bosques abiertos y secos y en pasturas no cultivadas.

También se encontró una gran cantidad de individuos de la orden Orthoptera en todos los sistemas en especial en el sistema con pastura natural sin árboles, y se caracteriza porque sus integrantes tienen alimentación omnívora y están presentes en gramíneas y leguminosas forrajeras y en cultivos en sistemas de siembra directa y son eficientes cavadores (ARAGÓN, 2003; GASSEN Y GASSEN, 1996).

5.3.2. Diversidad o riqueza de especies

Según el índice de Shannon-Wiener (H'), la pastura natural con árboles (S2) ($H'=1.403$) fue más diverso que los demás sistemas ganaderos evaluados. Lo cual coincide con HUAMANYAURI (2012) quien encontró una mayor diversidad en el sistema con pastura mejorada con árboles (1.480), resultados similares encontró LINARES (2007), referente a bosque primario ($H'=1.37$). Esto puede estar relacionado 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).

El sistema menos diverso según el índice de Shannon-Wiener fue el sistema con pasturas mejoradas sin árboles $H' = 0.673$, coincidiendo con HUAMANYAURI (2012), quien también encontró el menor índice en un sistema sin árboles $H' = 0.879$.

VI. CONCLUSIONES

- El sistema con pastura mejorada con árboles no contiene la mayor riqueza de macrofauna edáfica del suelo que los otros tres sistemas.
- Los suelos de la pastura mejorada sin árboles y la pastura natural con árboles, fueron los que presentaron las más altas densidades de macrofauna en el suelo, con 159 ind.m⁻² y 151.5 ind.m⁻² respectivamente, seguido del sistema con pastura mejorada con árboles (122 ind.m⁻²); mientras que el sistema natural sin árboles presentó la menor densidad (38 ind.m⁻²).
- El sistema con pastura natural con árboles seguido del sistema con pastura mejorada sin árboles obtuvieron la mayor biomasa (14.60 y 12.93 g.m⁻²) mientras que el sistema con pastura mejorada con árboles y sistema con pastura natural sin árboles presentaron las menores biomásas (5.98y 2.36 g.m⁻²).
- La mayor abundancia de macrofauna en todos los sistemas de uso de la tierra evaluados se encontró en la profundidad de 0 – 10 cm, destacando el sistema con pastura mejorada sin árboles (546 ind.m⁻²) mientras que el sistema con pastura natural sin árboles obtuvo la menor densidad (70 ind.m⁻²); con

respecto a la biomasa, el sistema con pastura mejorada sin árboles obtuvo el mejor valor (45.85 g.m^{-2}) y el sistema con pastura natural sin árboles presentó la menor biomasa (5.77 g.m^{-2}).

- La pastura natural con árboles obtuvo la mayor diversidad según el índice de Shannon-Wiener ($H' = 1.403$), mientras que el sistema menos diverso fue el sistema con pasturas mejoradas sin árboles ($H' = 0.673$). Los Órdenes más representativas en todos los sistemas fueron la Haplótáxida, Hymenóptera y Orthóptera

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios posteriores con la finalidad de determinar el incremento poblacional de los individuos en cada uno de los sistemas de uso de tierra evaluados.
- Realizar estudios en los sistemas ganaderos evaluados en otras épocas del año y compararlos con el presente trabajo de investigación para poder generar indicadores de macrofauna que permitan valorar la calidad del suelo.
- Realizar mayores trabajos de investigación para generar indicadores de calidad de suelo a través de la presencia de la macrofauna del suelo en los sistemas ganaderos

VIII. 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.
- ALTIERI, M. 1999. El agroecosistema: determinantes, recursos, procesos y sustentabilidad. In Altieri, M. 1999 (Ed.). Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Nordan Comunidad. p. 47-70.
- ANDERSON J., INGRAM, J. 1993. Tropical soil biology and fertility. A andbook of methods. 2nd edition. CAB International. Wallingford, UK. 221 p.
- ANDERSON, J. M. 1994. Functional attributes of biodiversity in land use systems. In Greenland, D.J.; Szabolcs, I. (Eds.). Proceedings of a Symposium held in Budapest, including the Second Workshop on the Ecological Foundations of Sustainable Agriculture. (WEFSA II). Wallingford, CAB International. p. 267-290.

- ARAGÓN, J. 2003. Guía de reconocimiento y manejo de plagas tempranas relacionadas a la siembra directa. Moliner, G. (Ed.). Buenos Aires, Agroediciones. 60 p
- AZEVEDO, V. de; Lima, D.,CORREIA, E.,AQUINO, A. de; S, H. 2000. Fauna do solo em diferentes sistemas de plantio e manejo no planalto medio do Rio Grande do Sul. Biodinâmica do solo.
- BROWN, G., PASINI, A.; BENITO, N., DE AQUINO, A., CORREIA, M. 2001. Diversity and functional role of soil macrofauna communities in Brazilian no tillage agroecosystems: A preliminary analysis. Report presented in the "International Symposium on Managing Biodiversity in Agricultural Ecosystems".Montreal, Canadá, 8-10 November, 2001. 20p.
- BUCKERFIELD, C. 1993. Pastures in crops rotations exchange earthworm populations in southern Australia. In International Grassland Congress Proceedings, NZGA. pp. 942-944.
- CLAPPERTON, J. 2000. Creating healthy productive soil. In Congreso Nacional de AAPRESID (8., Mar del Plata, Argentina). pp. 35-40.
- CORREIA, 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. Documentos N°.156. 33 p.

- CURRY, J. 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. 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. 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., GOOD, J. 1992. Soil faunal degradation and restoration. *Advances in SoilScience* 17: 171-215.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMÉNEZ, J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., SCHNEIDMADL, J., SANZ, J., HOYOS, P., THOMAS, R. 1998. La macrofauna del suelo en sistemas de producción agrícola: respuesta a las perturbaciones y perspectivas de manejo. Un caso de estudio en los Llanos Orientales de Colombia. En *Revista de suelos Ecuatoriales*. Vol. 28; p. 260-267.
- DECAENS, T., LAVELLE, P., JIMÉNEZ, J., ESCOBAR, G., RIPPSTEIN, G., SCHNEIDMADL, J., SANZ, J., HOYOS, P., THOMAS, R. 2001. Impact of

land management on soil macrofauna in the eastern plains of Colombia. pp 19-41.

DUBS, F., LAVELLE, P., BRENNAN, A., EGGLETON, P., HAIMI, J., IVITS, E., JONES, D., KEATING, A., MORENO, A., 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. In International Colloquium on Soil Zoology and Ecology. (14., 2004, France). Session 7. Functional groups and valuation as indicators of soil fauna. 252 p.

EDWARDS, C., BOHLEN, P., LINDEN, D., SUBLER, S. 1995. Earthworms in agroecosystems. In Hendrix, P.F. (Ed.). Earthworm ecology and biogeography in North America. Boca Raton, Lewis Publishers. 185-213 p.

ELLIOT, L. 1997. Soil biodiversity and grass cropping systems. In International Grassland Congress (18, 1997, Canada). Session 12- Biodiversity. pp 241-248.

FAO, 2001. Soil Biodiversity: What is it? Soil Biodiversity: Portal. Land and Water (AGL). [En línea]: (<http://www.fao.org/ag/AGL/agll/soilbiod/soilbtxt.htm>, 02 de Julio del 2013).

FAO, 2002. Soil biodiversity and sustainable agriculture. In International Technical

- FEIJÓO, M., BUITRAGO, A., CALDERÓN, P., GIL, D., ZÚÑIGA, M. & CAMARGO, J. 2004. Quantifying soil macroinvertebrates under different land usesystems in Colombia. 2nd International Symposium on Silvopastoral Systems. Universidad Autónoma. Mérida, Yucatán, México. 88 p.
- FRASER, P., HAYNES, R., WILLIAMS, P. 1994. Effects of pasture improvement and intensive cultivation on microbial biomass, *Biol. Fertil. Soils* 17:185-190.
- GASSEN, D., GASSEN, F. 1996. Plantio direto o caminho do futuro. Passo Fundo, Aldeia Sul. 207 p.
- GONZÁLEZ, G., R. E. Ley, S. K. Schmidt, X. Zou & T. R. Seastedt. 2001. Soil ecological interactions comparisons between tropical and subalpine forests. *Oecologia*. 128: 549-556.
- HARVEY, C. 2003. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. Curso Internacional sobre ganadería y medio ambiente. CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 21
- HENDRICKS, D. 1985. Animals and Soil in Arizona. In Hendricks, D.M. (Ed.) *Arizona Soils*. Tucson, University of Arizona. Editor Haney, R.A. Jr. pp 55-62.

- HUAMANYAURI, L. 2011. Macrofauna del suelo en diferentes usos de la tierra en sistemas ganaderos en el distrito de José Crespo y Castillo. Tesis Ing. Zoot. Tingo María, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Facultad de Zootecnia. 56p.
- 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. 2003. Soil macrofauna. In: *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods.* (Eds. G. Schroth and F.L.Sinclair). CABI Publishing. UK. p. 303.
- LAVELLE, P. y PASHANASI, B. 1989. Soil fauna and land management in Peruvian Amazonia. *Pedobiologia* 33:283-291.
- LAVELLE, P., SPAIN, A. 2001. *Soil Ecology.* Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 654 p.
- 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.* pp 157-185.

- LEE, K. 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 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., HENDRIX, P., COLEMAN, D., VAN VILET, P. 1994. Faunal indicators of soil quality. In Doran, J.W.; Jones, A.J. (Eds.). Defining soil quality for a sustainable Environment. SSSA. Special Publication no. 35. p. 91-106.
- LOK, S. 2005. Determinación y selección de indicadores del sistema suelo-pasto en pastizales dedicados a la producción de ganado vacuno. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 98 p.
- MASTERS, G. 2004. Belowground herbivores and ecosystem processes. Ecological Studies 173:93-112.
- MC-GEOCH, M. y CHOWN S. 1998. Scaling up the value of bioindicators. Trends in Ecology and Evolution. 13(2): 46-47.

- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. 1989. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: Simposio sobre ecossistema de pastagens. (Eds. V. Favoretto & R. Andrade). FUNEP. Jabonicabal, Brasil. p. 149
- MORRIS, M. 2000. The effects of structure and its dynamics on the ecology and conservation of arthropods in British grasslands. *Biological Conservation* 95:129-142.
- MOORE, J., BERLOW, E., COLEMAN, D., RUITER, P., DONG, Q., HASTINGS, A., JOHNSON, N., MCCANN, K., MELVILLE, K., MORIN, P., NADELHOFFER, K., ROSEMOND, A., POST, D., SABO, J., SCOW, K., VANNI, M., WALL, D. 2004. Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters* 7:584-600.
- PANKHURST, C. E. 1997. Biodiversity of soil organisms as an indicator of soil health. In Pankhurst, C.E.; Doube, B.M.; Gupta, V.V.S.R. (Eds.). *Biological indicators of soil health*. Wallingford, CAB International. p. 297-324.
- PASHANASI B., 2001, Estudio Cuantitativo de la Macrofauna del Suelo en Diferentes Sistemas de Uso de Tierra en la Amazonía Peruana. *Folia Amazónica*, Perú. Vol. 12 (1-2). 23 p.

- 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 Cienc. agríc.* 37:319
- RODRÍGUEZ, I., TORRES, V., CRESPO, G., FRAGA, S. 2002. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 36, N° 4. San José de las Lajas, La Habana. 7p.
- RYPSTRA, A., Carter, P., Balfour, R., Marshall, S. 1999. Architectural features of agricultural habitats and their impact on spider inhabitants. *Journal of Arachnology* 27:371-377.
- SÁNCHEZ, S., HERNÁNDEZ, M Y SIMÓN, L. 2003. Efecto del sistema silvopastoril en la fertilidad Edáfica en unidades lecheras de la Empresa Nazareno. Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba. *Pastos y Forrajes* Vol. 26, No. 2.
- SÁNCHEZ, S. y REINÉS, M. 2001. Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes*. 24:191.
- SIEMANN, E. 1998. Experimental tests of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. *Ecology* 79:2057-2070.

- SOCA, M. SIMÓN, L., ROQUE, E., SOCA, M Y GARCÍA, D. 2006. Influencia de la macrofauna edáfica en la desaparición de las excretas en un sistema silvopastoril.
- 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.
- VERHOEF, H., VAN SELM, A. J. 1983. Distribution and population dynamics of Collembola in relation to soil moisture. Holartic Ecology 6:387:394 p.
- WARDLE, D. 1995. Impacts of disturbance on detritus food webs in agroecosystems of contrasting tillage and weed management practices. Advances in Ecological Research 26:105:185.
- WARDLE, D., BARDGETT, R. 2004. Indirect effects of invertebrate herbivory on the decomposer subsystem. Ecological Studies 173: 53:69.
- WELLINGTON J. (1995). Abundancia, Distribuição Vertical e Fenologia 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, 41: 201- 209.

YEATES, G., SHEPERD, T., FRANCIS, G. 1998. Contrasting response to cropping of populations of earthworms and predacious nematodes in four soils. *Soil and Tillage Research* 48:255-264.

ZERBINO, M. 2005. Evaluación de la densidad, biomasa y Diversidad de la macrofauna del Suelo en diferentes sistemas de Producción. Tesis para obtener el grado de Magister en Ciencias Ambientales. Universidad de la Republica. Montevideo, Uruguay. 92 p.

ZERBINO, M., MORÓN, A. 2003. Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. Montevideo, INIA. Serie Técnica no. 134. 45-53.

ANEXO

Cuadro 9. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura natural sin árboles (S1).

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
S1	M1	Hojarasca	16	1.038
S1	M1	0-10 cm	160	13.853
S1	M1	10 - 20 cm	96	5.350
S1	M1	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M2	Hojarasca	32	0.896
S1	M2	0-10 cm	32	0.883
S1	M2	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M2	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M3	Hojarasca	96	0.910
S1	M3	0-10 cm	80	0.843
S1	M3	10 - 20 cm	64	3.560
S1	M3	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M4	Hojarasca	144	13.432
S1	M4	0-10 cm	16	1.186
S1	M4	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M4	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M5	Hojarasca	32	0.235
S1	M5	0-10 cm	0	0.000
S1	M5	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M5	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M6	Hojarasca	80	1.112
S1	M6	0-10 cm	160	8.219
S1	M6	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M6	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M7	Hojarasca	16	0.019
S1	M7	0-10 cm	32	8.275
S1	M7	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M7	20 - 30 cm	0	0.000
S1	M8	Hojarasca	80	2.934
S1	M8	0-10 cm	80	12.904
S1	M8	10 - 20 cm	0	0.000
S1	M8	20 - 30 cm	0	0.000

Cuadro 10. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura natural con árboles (S2)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
S2	M1	Hojarasca	80	0.517
S2	M1	0-10 cm	544	1.766
S2	M1	10 - 20 cm	176	8.795
S2	M1	20 - 30 cm	0	0.000
S2	M2	Hojarasca	112	1.931
S2	M2	0-10 cm	672	33.061
S2	M2	10 - 20 cm	32	0.477
S2	M2	20 - 30 cm	0	0.000
S2	M3	Hojarasca	16	0.173
S2	M3	0-10 cm	176	28.050
S2	M3	10 - 20 cm	16	0.314
S2	M3	20 - 30 cm	0	0.000
S2	M4	Hojarasca	64	0.854
S2	M4	0-10 cm	240	14.718
S2	M4	10 - 20 cm	16	0.330
S2	M4	20 - 30 cm	16	0.658
S2	M5	Hojarasca	160	34.224
S2	M5	0-10 cm	384	30.059
S2	M5	10 - 20 cm	0	0.000
S2	M5	20 - 30 cm	32	0.581
S2	M6	Hojarasca	512	6.234
S2	M6	0-10 cm	224	29.278
S2	M6	10 - 20 cm	16	0.499
S2	M6	20 - 30 cm	96	10.723
S2	M7	Hojarasca	304	11.571
S2	M7	0-10 cm	144	67.010
S2	M7	10 - 20 cm	16	1.555
S2	M7	20 - 30 cm	16	0.174
S2	M8	Hojarasca	160	16.747
S2	M8	0-10 cm	400	34.885
S2	M8	10 - 20 cm	48	60.240
S2	M8	20 - 30 cm	176	71.654

Cuadro 11. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura mejorada sin árboles (S3)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
S3	M1	Hojarasca	16	9.778
S3	M1	0-10 cm	512	33.165
S3	M1	10 - 20 cm	160	18.693
S3	M1	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M2	Hojarasca	0	0.000
S3	M2	0-10 cm	400	78.997
S3	M2	10 - 20 cm	16	2.496
S3	M2	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M3	Hojarasca	48	1.403
S3	M3	0-10 cm	320	28.507
S3	M3	10 - 20 cm	0	0.000
S3	M3	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M4	Hojarasca	0	0.000
S3	M4	0-10 cm	544	54.947
S3	M4	10 - 20 cm	32	1.294
S3	M4	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M5	Hojarasca	16	0.206
S3	M5	0-10 cm	576	45.656
S3	M5	10 - 20 cm	0	0.000
S3	M5	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M6	Hojarasca	128	1.584
S3	M6	0-10 cm	976	66.506
S3	M6	10 - 20 cm	0	0.000
S3	M6	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M7	Hojarasca	128	4.149
S3	M7	0-10 cm	128	4.053
S3	M7	10 - 20 cm	0	0.000
S3	M7	20 - 30 cm	0	0.000
S3	M8	Hojarasca	144	3.373
S3	M8	0-10 cm	912	54.998
S3	M8	10 - 20 cm	32	4.067
S3	M8	20 - 30 cm	0	0.000

Cuadro 12. Número de individuos (ind.m⁻²) y biomasa (g.m⁻²) existentes en la Pastura mejorada con árboles (S4)

Sistema	Monolito	Estrato	Densidad (ind.m ⁻²)	Biomasa (g.m ⁻²)
S4	M1	Hojarasca	64	1.584
S4	M1	0-10 cm	224	15.661
S4	M1	10 - 20 cm	0	0.000
S4	M1	20 - 30 cm	0	0.000
S4	M2	Hojarasca	192	4.317
S4	M2	0-10 cm	400	21.326
S4	M2	10 - 20 cm	32	3.726
S4	M2	20 - 30 cm	32	0.234
S4	M3	Hojarasca	64	0.597
S4	M3	0-10 cm	112	7.514
S4	M3	10 - 20 cm	16	2.955
S4	M3	20 - 30 cm	0	0.000
S4	M4	Hojarasca	240	2.763
S4	M4	0-10 cm	448	22.528
S4	M4	10 - 20 cm	96	4.011
S4	M4	20 - 30 cm	0	0.000
S4	M5	Hojarasca	128	0.800
S4	M5	0-10 cm	48	0.320
S4	M5	10 - 20 cm	32	0.950
S4	M5	20 - 30 cm	0	0.000
S4	M6	Hojarasca	144	1.706
S4	M6	0-10 cm	240	26.426
S4	M6	10 - 20 cm	80	0.240
S4	M6	20 - 30 cm	112	0.149
S4	M7	Hojarasca	144	0.045
S4	M7	0-10 cm	336	33.523
S4	M7	10 - 20 cm	0	0.000
S4	M7	20 - 30 cm	0	0.000
S4	M8	Hojarasca	368	2.440
S4	M8	0-10 cm	336	36.813
S4	M8	10 - 20 cm	16	0.678
S4	M8	20 - 30 cm	0	0.000

Cuadro 13. Número de orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura natural sin árboles (S1).

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA NATURAS SIN ÁRBOLES (S1)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
Nº	Detalle				
1	JULIDA	1	0.01	-4.304	-0.058
2	ORTHOPTERA	34	0.46	-0.778	-0.357
3	DIPLURA	1	0.01	-4.304	-0.058
4	HYMENOPTERA	2	0.03	-3.611	-0.098
5	COLEOPTERA	36	0.49	-0.721	-0.351
TOTAL		74			-0.922

Cuadro 14. Número de orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura natural con árboles (S2).

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA NATURAL CON ÁRBOLES (S2)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
Nº	Detalle				
1	JULIDA	1	0.00	-5.710	-0.019
2	ORTHOPTERA	32	0.11	-2.245	-0.238
3	DIPLURA	32	0.11	-2.245	-0.238
4	GASTROPODA	4	0.01	-4.324	-0.057
5	HAPLOTAXIDA	161	0.53	-0.629	-0.335
6	HYMENOPTERA	56	0.19	-1.685	-0.312
7	COLEOPTERA	4	0.01	-4.324	-0.057
8	ISOPODA	10	0.03	-3.408	-0.113
9	DIPTERA	2	0.01	-5.017	-0.033
TOTAL		302			-1.4030

Cuadro 15. Número de orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura mejorada sin árboles (S3).

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA MEJORADA SIN ARBOLES (S3)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
Nº	Detalle				
1	ORTHOPTERA	18	0.06	-2.872	-0.163
2	DIPLURA	24	0.08	-2.584	-0.195
3	HAPLOTAXIDA	263	0.83	-0.190	-0.157
4	HYMENOPTERA	8	0.03	-3.683	-0.093
5	COLEOPTERA	5	0.02	-4.153	-0.065
TOTAL		318			-0.673

Cuadro 16. Número de orden e índice de Shannon – Wiener, existentes en la Pastura mejorada con árboles (S4).

SISTEMA DE USO DE LA TIERRA: PASTURA MEJORADA CON ARBOLES (S4)					
ORDEN		SISTEMA	Pi	Ln Pi	Pi Ln Pi
Nº	Detalle				
1	ORTHOPTERA	4	0.02	-4.111	-0.067
2	DIPLURA	3	0.01	-4.399	-0.054
3	HAPLOTAXIDA	154	0.63	-0.460	-0.290
4	HYMENOPTERA	80	0.33	-1.115	-0.366
5	ISOPODA	1	0.004	-5.497	-0.023
6	CYCLOPHILLOIDEA	2	0.01	-4.804	-0.039
TOTAL		244			-0.839

Cuadro 17. Análisis de varianza de la densidad (ind.m⁻²) de macrofauna entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	294998	3	98332.67	3.16
Error	3853528	124	31076.84	
Total	4148526	127		

Cuadro 18. Análisis de varianza de la densidad (ind.m⁻²) de macrofauna entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	3198.45	3	1066.15	3.99
Error	33138.88	124	267.25	
Total	36337.33	127		

Cuadro 19. Análisis de varianza de la densidad (ind.m⁻²) de macrofauna en el estrato hojarasca, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	98840	3	32946.67	3.14
Error	293472	28	10481.14	
Total	392312	31		

Cuadro 20. Análisis de varianza de la densidad (ind.m-2) de macrofauna en el estrato 0 – 10 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	931904	3	310634.67	8.92
Error	975296	28	34832	
Total	1907200	31		

Cuadro 21. Análisis de varianza de la densidad (ind.m-2) de macrofauna en el estrato 10 – 20 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	1696	3	565.33	0.25
Error	62272	28	2224	
Total	63968	31		

Cuadro 22. Análisis de varianza de la densidad (ind.m-2) de macrofauna en el estrato 20 – 30 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	9504	3	3168	2.3
Error	38592	28	1378.29	
Total	48096	31		

Cuadro 23. Análisis de varianza de la biomasa (g.m^{-2}) de macrofauna en el estrato hojarasca, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	274.75	3	91.58	2.13
Error	1206.3	28	43.08	
Total	1481.05	31		

Cuadro 24. Análisis de varianza de biomasa (g.m^{-2}) de macrofauna en el estrato 0 – 10 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	6778.72	3	2259.57	8.28
Error	7644.19	28	273.01	
Total	14422.91	31		

Cuadro 25. Análisis de varianza de biomasa (g.m^{-2}) de macrofauna en la profundidad 10 – 20 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	461.64	3	153.88	0.92
Error	4688.22	28	167.44	
Total	5149.86	31		

Cuadro 26. Análisis de varianza de biomasa (g.m^{-2}) de macrofauna en la profundidad 20 – 30 cm, entre los sistemas ganaderos evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
SISTEMA	656.21	3	218.74	1.4
Error	4372.59	28	156.16	
Total	5028.81	31		

Cuadro 27. Análisis de varianza de densidad (ind.m^{-2}) de macrofauna entre profundidades de los sistemas evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
HORIZONTE	1736950	3	578983.33	29.77
Error	2411576	124	19448.19	
Total	4148526	127		

Cuadro 28. Análisis de varianza de biomasa (g.m^{-2}) de macrofauna entre profundidades de los sistemas evaluados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F Calculado
HORIZONTE	11691.69	3	3897.23	19.61
Error	24645.64	124	198.76	
Total	36337.33	127		



Construcción del monolito



Recolección de muestras de tierra



Obtención de muestras



Toma de datos



Conservación de muestras



Conteo e identificación de especies