

**CUANTIFICACIÓN DE MACROFAUNA DEL SUELO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL COMPARADO CON UN SISTEMA CONVENCIONAL EN UNA
ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL (bs-T)**

**ERIKA VANESA MENESES ESTRADA
ALEJANDRA MAYELI REINA LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2015**

**CUANTIFICACIÓN DE MACROFAUNA DEL SUELO EN UN SISTEMA
SILVOPASTORIL COMPARADO CON UN SISTEMA CONVENCIONAL EN UNA
ZONA DE BOSQUE SECO TROPICAL (bs-T)**

**ERIKA VANESA MENESES ESTRADA
ALEJANDRA MAYELI REINA LÓPEZ**

**Trabajo de grado en la Modalidad de Investigación presentado como requisito parcial
para optar por el título de Zootecnista**

**Presidente:
ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERÓN
Zoot. M.Sc., Ph.D**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
PROGRAMA DE ZOOTECNIA
SAN JUAN DE PASTO
2015**

NOTA DE RESPONSABILIDAD

“Las ideas y conclusiones aportadas en el Trabajo de Grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1996, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de aceptación:

ARTURO L. GÁLVEZ CERÓN
Presidente de Tesis

EFREN INSUASTY SANTACRUZ
Jurado delegado

ANA JULIA MALLAMA GOYES
Jurado

San Juan de Pasto, Marzo 2016

DEDICATORIA

Agradezco infinitamente a Dios por guiarme en todo momento y haberme dado una madre luchadora, que siempre veló y dió todo su esfuerzo por sus hijos para sacarnos adelante sola.

Dedico a mi madre Ilda Estrada este logro por ser el elemento vital que me impulso para alcanzar todos los objetivos más importantes en mi vida hasta este momento.

Agradezco mis hermanos por su apoyo a lo largo de mi carrera.

A Carlos Olivo por darme fortaleza y su apoyo incondicional.

A Alejandra Reina que es una gran amiga y compañera de la cual aprendí mucho en toda mi carrera.

Finalmente a todas las personas que de una u otra forma brindaron su apoyo para este gran logro.

ERIKA VANESA MENESES ESTRADA.

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen del Rosario por guiar mis pasos, llenarme de fortaleza y acompañarme en cada proyecto de mi vida.

A mi mamá por darme la vida, por haber depositado la confianza en mí y hacer posible este gran sueño, por ser mi ejemplo de vida y mi motivación para culminar esta meta.

A mi hermana por acompañarme y comprenderme en los momentos más difíciles.

A mis maestros quienes hicieron parte de mi formación profesional y de alguna manera contribuyeron a lograr esta meta.

A DANIELA URBANO por acompañarme, comprenderme y lidiarme a lo largo de estos años. Gracias por apoyarme en los buenos y malos momentos.

A ERIKA MENESES por su apoyo y compañía en todo este trayecto.

ALEJANDRA MAYELI REINA LOPEZ.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

ARTURO LEONEL GÁLVEZ CERÓN Zoot. M.Sc., Ph.D

ANA JULIA MALLAMA GOYES Zoot. M.Sc.

EFRÉN GUILLERMO INSUASTY SANTACRUZ Zoot., M.Sc.

CARLOS MANUEL ALVEAR. Zoot. M.Sc (c)

ÁLVARO ALVEAR Y FLIA. Propietario de la finca El Pilche, Linares (Nariño)

MARIA DEL ROSARIO CARREÑO C. Laboratorio de Suelos, Universidad de Nariño

LUIS ALFOSNOS SOLARTE PORTILLA, Zoot., Secretario Facultad Ciencias Pecuarias

DANIELA URBANO SOLARTE. Estudiante noveno semestre Zootecnia

CARLOS ERNESTO OLIVO GONZALEZ. Ingeniero Agrónomo

Facultad de Ciencias Pecuarias

Laboratorio de Entomología Universidad de Nariño

A todas aquellas personas que de alguna manera nos brindaron su apoyo y colaboración en el proceso y culminación de este trabajo de investigación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	Pág. 9
ABSTRACT	9
INTRODUCCION	10
MATERIALES Y METODOS	11
RESULTADOS Y DISCUSION	12
CONCLUSIONES	19
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA	20

CUANTIFICACIÓN DE MACROFAUNA EDÁFICA EN UN SISTEMA SILVOPASTORIL Y UNO CONVENCIONAL EN BOSQUE SECO

QUANTIFICATION OF MACROFAUNA EDAPHIC IN A SILVOPASTORAL SYSTEM AND ONE CONVENCIONAL IN DRY FOREST

Arturo L. Gálvez-Cerón¹, Erika V. Meneses-Estrada², Alejandra M. Reina López²

RESUMEN

La ganadería ha generado fraccionamiento de los bosques y una reducción en el número de especies vegetales. Como consecuencia, se disminuye la variedad y la abundancia de la macrofauna edáfica y en últimas, la fertilidad del suelo. Esta investigación se realizó en la finca El Pilche, Municipio de Linares, Departamento de Nariño, con temperatura promedio de 25°C, precipitación de 1100 mm y una altitud de 1007 msnm. Durante un año se cuantificó la macrofauna del suelo en dos tipos de sistemas ganaderos: sistema silvopastoril (*Senna spectabilis* + *Panicum maximun*) y un sistema convencional (*Panicum maximim*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*). Se realizó análisis físico-químico del suelo, se determinó el número y diversidad de individuos de la macrofauna del suelo, así como las diferencias entre los dos sistemas ganaderos y las épocas del año (seca-lluviosa). Se utilizó un diseño completo al azar con arreglo factorial 2x2 con seis réplicas por tratamiento, y como apoyo se recurrió a la prueba de chi cuadrado (X^2). Se encontró mayor contenido de materia orgánica (4,8%) y fósforo disponible (52,5 mg/kg) en el sistema silvopastoril, en comparación al sistema convencional a con (4,4%) de materia orgánica y fósforo disponible (12,2 mg/kg). La diversidad de los grupos de macrofauna presentes fue mayor en el sistema silvopastoril, con un índice de Shannon de 1,82 y en el índice de Simpson 0,78. La abundancia también fue mayor en el sistema silvopastoril, con 4688 individuos por metro cuadrado, frente a 1968 individuos por metro cuadrado en el convencional. Los órdenes Hymenoptera, Coleóptera, Lepidóptera, y los grupos de miriápodos, lombrices y arácnidos presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas y épocas. Se concluye que la inclusión de árboles leguminosos, como *Senna spectabilis*, en un arreglo silvopastoril, contribuye a mejorar la fertilidad del suelo, la diversidad y abundancia de macroinvertebrados en el suelo.

Palabras clave: abundancia, diversidad, fertilidad, macrofauna edáfica, silvopastoril

ABSTRACT

Livestock has generated fragmentation of forests and a reduction in the number of plant species. As a result, the variety and abundance of edaphic macrofauna decreases, and ultimately soil fertility. This research was conducted at the farm El Pilche, Linares, Nariño. The place has a temperature of around 25° Celsius, an annual rainfall of 1100 mm and is located at 1007 meters above sea level. For a year, edaphic macrofauna is quantified in two types of farming systems: silvopastoral system (*Senna spectabilis* +

¹ Docente Tiempo Completo Universidad de Nariño

² Estudiantes Programa de Zootecnia Universidad de Nariño

Panicum maximun) and a conventional system (*Panicum maximim*, *Brachiaria decumbens* and *Hyparrhenía rufa*). Soil physicochemical analysis was performed, and the number and diversity of individuals of edaphic macrofauna, and the differences between the two farming systems and seasons (dry-wet) is determined. A complete random design 2x2 factorial arrangement with six replicates per treatment was used, and were used to support the chi square test (X^2). As a result, the amount of organic matter (4.8%) and available phosphorus (52.5 mg/kg) was found prevalent in the silvopastoral system, compared to the conventional system with (4.4%) organic matter and available phosphorus (12.2 mg / kg). Therefore, the variety of group of existing organisms was predominant in the silvopastoral system, with a rate in the Shannon index of 1.82 and in the Simpson index 0.78. The amount was also larger in the silvopastoral system with a number of 4688 individual per square meter while the traditional system housed 1968 individual per square meter. The orders of Hymenoptera, Coleóptera, Lepidóptera, and the groups of centipeds, earthworms and arachnids presented significant differences ($p < 0.05$) between systems and periods. It is concluded then that the growing of leguminous plants, as *Senna spectabilis*, in a silvopastoral arrangement, contributes to improve the soil fertility, its variety and diversity, and amount of macro invertebrate organisms.

Keywords: abundance, diversity, fertility, edaphic macrofauna, silvopastoral

INTRODUCCIÓN

La transformación de los ecosistemas naturales hacia monocultivos de pastos para la producción ganadera ha ocasionado pérdida de biodiversidad y simplificación de los procesos en los que ella participa. La reducción de la cobertura vegetal, el sobrepastoreo y el uso indiscriminado de insumos químicos ocasionan un descenso de las poblaciones de organismos benéficos y reducen los servicios ambientales para el ganadero ^[1].

A su vez, los sistemas silvopastoriles pueden mejorar el ciclo de los nutrientes no disponibles a las raíces superficiales de los pastos, a través de su sistema de raíces profundas y aporte de hojarasca, mantener la fertilidad del suelo y aumentar el aporte de materia orgánica ^[2]. En los suelos con estratos arbóreos, los contenidos de N, C, P, K, Ca y Mg muestran mayores valores que los monocultivos de gramíneas ^[3].

Por su parte, la diversidad y la abundancia de la macrofauna edáfica variarán en función de la intensidad de uso de la tierra y de la aplicación de diferentes prácticas agrícolas. Por tanto, un manejo adecuado del suelo proporcionará una mayor variedad y cantidad de organismos edáficos que puedan ayudar a asegurar el reciclaje de nutrientes, un rápido crecimiento de las plantas y una capacidad productiva sostenible del sistema ^[4].

Además, la macrofauna edáfica vive y se alimenta en la superficie del suelo, contribuye al fraccionamiento de la hojarasca y facilita los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica ^[5]. También actúa como cincel natural al participar en la descompactación del suelo ^[6]. No obstante, varios estudios señalan que la cantidad de organismos está determinada por las condiciones ambientales, fundamentalmente la temperatura y la humedad, que propician la presencia de los

árboles en los arreglos silvopastoriles, la cantidad de hojarasca acumulada en el suelo y el estado nutricional de las plantas asociadas al estrato arbóreo ^[7].

En consecuencia, la fauna del suelo debe ser considerada como un recurso natural que tiene un potencial de uso sostenible en los sistemas de producción agropecuaria ^[8].

Esta investigación tuvo como objetivo cuantificar la macrofauna edáfica de un sistema silvopastoril y compararla con la de un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical, con el fin de determinar el potencial biológico de esta macrofauna.

MATERIALES Y METODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la finca El Pilche, Municipio de Linares, Departamento de Nariño, ubicada en la Cordillera Occidental de los Andes, con coordenadas geográficas 01°23'27,6''N y 77°30'18,6''W, con una temperatura promedio de 25°C, altitud de 1007 msnm y precipitación promedio anual de 1100 mm ^[9].

Muestreo

Para el muestreo se utilizaron dos lotes contiguos de la misma finca, el primer lote conformado por árboles de *Senna specatabilis* y *Panicum maximun* y el segundo lote constituido por una mezcla de *Panicum maximim*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*, con una extensión de dos hectáreas cada uno. Se realizó un zig-zag en los dos lotes para recolectar las muestras de suelo y de macrofauna, con cinco submuestras.

Además el muestreo de la macrofauna se fundamentó en los procedimientos del Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) ^[11]. Se aislaron cinco monolitos de 25 x 25 x 30cm cada uno, en cada sistema; posteriormente cada monolito se colocó en una superficie blanca y se dividió en cuatro estratos: hojarasaca, de 0-10 cm, 10-20cm, 20-30 cm. Los individuos recolectados se cuantificaron mediante observación directa, se depositaron en frascos rotulados con alcohol al 70% y se llevaron al laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño para su identificación.

Las muestras de macrofauna y suelo se recolectaron en dos épocas del año: lluviosa (diciembre, febrero y abril) y seca (junio, agosto y octubre). Para establecer las épocas seca y de lluvia se recurrió a los datos recogidos en la misma finca, mediante la Estación Meteorológica Semiprofesional PCE Iberiam, en toda la época de estudio.

VARIABLES EVALUADAS

Análisis físico-químico de suelo. Para las muestras de suelos se determinó las propiedades físicas: el contenido de arena, limo, arcilla, humedad y densidad aparente, y las propiedades químicas: el contenido de materia orgánica, pH, fósforo disponible, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, según la metodología utilizada en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño ^[10].

Clasificación taxonómica. El montaje de los macroinvertebrados colectados en superficie de icopor se realizó inmediatamente para evitar daños en la muestra. El montaje consistió en introducir un alfiler en forma vertical cerca del centro de gravedad

del insecto. Se clasificaron según las claves y metodologías utilizadas por el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, determinando orden y familia.

Diversidad y abundancia. Se calcularon índices de Shannon y Simpson que permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitats a través del tiempo. Se determinaron las familias de mayor abundancia en cada sistema. Se utilizaron las siguientes fórmulas^[12]:

Índice de dominancia Simpson	Diversidad de Simpson	Índice de Diversidad de Shannon	Equidad de Shannon
$\lambda = \sum p_i^2$	$D\lambda = 1-\lambda$	$H' = - \sum p_i \ln p_i$	$H'E = \frac{H}{\ln S}$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i , dividido entre el número total de individuos de la muestra.

\ln = logaritmo natural

Análisis Estadístico

Se empleó un diseño completo al azar, con arreglo factorial 2x2, con seis réplicas por tratamiento, donde la variable tiempo tuvo dos niveles (época seca y lluviosa), al igual que la variable sistema ganadero (silvopastoril y convencional). Como apoyo al anterior diseño se utilizó la prueba de chi cuadrado (X^2). Los datos obtenidos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS 9.1[®] (2004)^[13] procedimientos GLM y FREQ.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis físico-químico del suelo

En la Tabla 1 se presentan los resultados del análisis físico químico del suelo de los dos sistemas.

Tabla 1. Análisis físico-químico del suelo de un sistema silvopastoril y uno convencional en una zona de bosque seco tropical, Linares – Nariño.

Parámetros		SSP*	SC**
pH		6,6	6,4
Materia orgánica	%	4,8	4,4
P disponible	mg/kg	52,5	11,2
Carbono orgánico	%	2,5	2,3
C.I.C	cmol/kg	16,7	16,6
Arena	%	55,6	48,4
Limo	%	20,1	24,0
Arcilla	%	24,4	27,5
Humedad	%	22,7	21,5
Densidad Aparente	%	1,2	1,1

* Sistema silvopastoril

** Sistema convencional

El suelo de los dos sistemas evaluados presentó una textura franco-arcillo-arenosa, según el Diagrama de Textura USDA ^[14], encontrándose valores muy altos para el componente arena, debido posiblemente al hecho de estar ubicado en la vega del río Guáitara.

Las partículas de arena son casi siempre fragmentadas de roca, sobre todo de cuarzo, existiendo además cantidades variables de otros minerales primarios, la composición mineralógica de estas fracciones varía para los distintos suelos según la roca madre y el grado de meteorización ^[15].

Se encontró mayor contenido de materia orgánica, y casi cinco veces la cantidad de fósforo disponible (P) en el sistema silvopastoril. En el mismo sentido, Mahecha et al ^[16] encontraron mayor contenido de fósforo y de materia orgánica en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* + *Cynodon plectostachyus* en comparación con un monocultivo de la misma gramínea. Por otro lado, Bolívar ^[17] también encontró un mayor contenido de fósforo bajo un sistema silvopastoril de *Acacia mangium* + *Brachiaria humidicola* que la misma gramínea como monocultivo.

Entre los principales servicios ambientales ofrecidos por los sistemas silvopastoriles están la recuperación y mejoramiento de suelos y la movilización del fósforo ^[18] gracias a que las raíces de los árboles exploran las capas más profundas del suelo y facilitan la absorción de estos nutrientes ^[4]. A su vez, el reciclaje de nutrientes en el suelo depende de la actividad de un número importante de organismos y microorganismos que aprovechan la materia orgánica, la fragmentan, descomponen y mineralizan para liberar los elementos esenciales para las plantas ^[1]. Además, la lombriz de tierra conduce a un aumento de los niveles de fósforo disponible, en comparación con el suelo que no está intervenido por este anélido ^[19].

Clasificación taxonómica de la macrofauna

En el sistema silvopastoril se recolectaron 293 individuos correspondientes a 14 familias (Tabla 2). La más abundante fue la familia Formicidae, con el 37,2% de ejemplares, seguida del grupo de miriápodos con 19,5%, lombrices el 18,8% y la familia Scarabaeidae con 7,2%; el 17,3% restante estuvo distribuido en 10 especies. En el sistema convencional se encontraron 123 individuos correspondientes a 13 familias, la mayoría de los organismos recolectados pertenecen a las familias Formicidae (37,4%), Scarabaeidae (25,2%), el grupo de lombrices (21,1%), y el 16,3% en las demás especies.

Se observó que los meses de mayor recolección fueron diciembre, febrero y junio, correspondientes a la época lluviosa, mientras que en los meses de octubre y agosto, registrados como época seca, no se encontró ningún individuo.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de organismos recolectados en un sistema silvopastoril y uno convencional, bosque seco tropical, Linares - Nariño.

		13		
Orden	Familia	SSP*	SC**	
Coleóptera	Scarabaeidae	21	31	
	Passalidae	0	1	
	Coccinellidae	1	0	
	Chrysomelidae	14	1	
Hemíptera	Pyrrhocoridae	0	2	
	Pentatomidae	3	6	
	Nabidae	0	1	
	Cydnidae	11	0	
Hymenóptera	Formicidae	109	46	
Lepidóptera	Geometridae	3	1	
	Nymphalidae	0	4	
Orthóptera	Acridoidea	2	0	
	Gryllidae	1	1	
Díptera	Calliphoridae	1	2	
Blattodea	Blattidae	1	1	
	G. lombriz	55	26	
	G. arcnidos	14	0	
	G. miriapodos	57	0	
Total		293	123	
No. familias		14	13	

* Sistema silvopastoril

** Sistema convencional

Diversidad y abundancia

Diversidad. Se observó que el sistema silvopastoril (Tabla 3) presenta el valor más alto en diversidad, tanto en el índice de Simpson (0,78) como el de Shannon (1,82), resultando también el más equitativo en la distribución de especies; contrariamente, en el sistema convencional se presentó mayor dominancia de algunas especies.

Tabla 3. Índices de Simpson y de Shannon de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en una zona de bosque seco tropical, Linares - Nariño.

Sistema	Dominancia de Simpson	Diversidad de Simpson	Diversidad de Shannon	Equidad de Shannon
Convencional	0,25	0,75	1,60	0,62
Silvopastoril	0,22	0,78	1,82	0,69

Los valores superiores del índice de diversidad en el sistema silvopastoril se pueden explicar por los servicios ambientales que presta el estrato arbóreo, representados fundamentalmente en unas condiciones más favorables en cuanto a mayor fertilidad por el aporte de hojarasca, una menor temperatura y mayor humedad del suelo, según lo señalado por Sánchez et al ^[20], que facilitan el establecimiento de individuos de la macrofauna edáfica.

Abundancia. La abundancia de la macrofauna fue mayor en el sistema silvopastoril, con 4668 i.p.m², comparado con el convencional, con 1968 i.p.m² (Tabla 4). Resultados similares a los encontrados por Menéndez y Cabrera ^[21] en un sistema silvopastoril con leucaena (5767 individuos), comparado con un pastizal de *Panicum maximum*, con 1471 individuos.

Tabla 4. Abundancia de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional en una zona de bosque seco tropical, Linares - Nariño.

Orden	Sistema silvopastoril		Sistema convencional	
	E. Lluvia N° I.p.m ²	E. seca N° I.p.m ²	E. Lluvia N° I.p.m ²	E. seca N° I.p.m ²
Blattodea	16 ^a	0 ^a	0 ^a	16 ^a
Coleóptera	432 ^a	144 ^b	352 ^a	176 ^c
Díptera	16 ^a	0 ^a	16 ^a	16 ^a
Hemíptera	112 ^a	112 ^a	112 ^a	32 ^a
Hymenóptera	1728 ^a	16 ^b	576 ^b	160 ^b
Lepidóptera	48 ^a	0 ^b	48 ^a	32 ^a
Orthóptera	32 ^a	16 ^a	16 ^a	0 ^a
G. lombriz	608 ^a	272 ^b	272 ^b	144 ^b
G. Arácnidos	224 ^a	0 ^b	0 ^b	0 ^b
G. Miriápodos	800 ^a	112 ^b	0 ^b	0 ^b
TOTAL		4688		1968

No. I.p.m²: número de individuos por metro cuadrado.

Valores con letras distintas muestran diferencias significativas (p<0,05)

En la distribución vertical de la macrofauna edáfica del sistema silvopastoril (Figuras 1), se observó que ésta decrece conforme aumenta la profundidad, presentándose los mayores valores en la hojarasca y los más bajos entre los 20-30 cm. Estos datos coinciden con los referenciados por Vega et al ^[22], quienes encontraron mayor cantidad de individuos en la hojarasca, atribuyendo a la mayor presencia de alimentos en esta capa que se forma sobre el suelo con la caída de las hojas de los árboles.

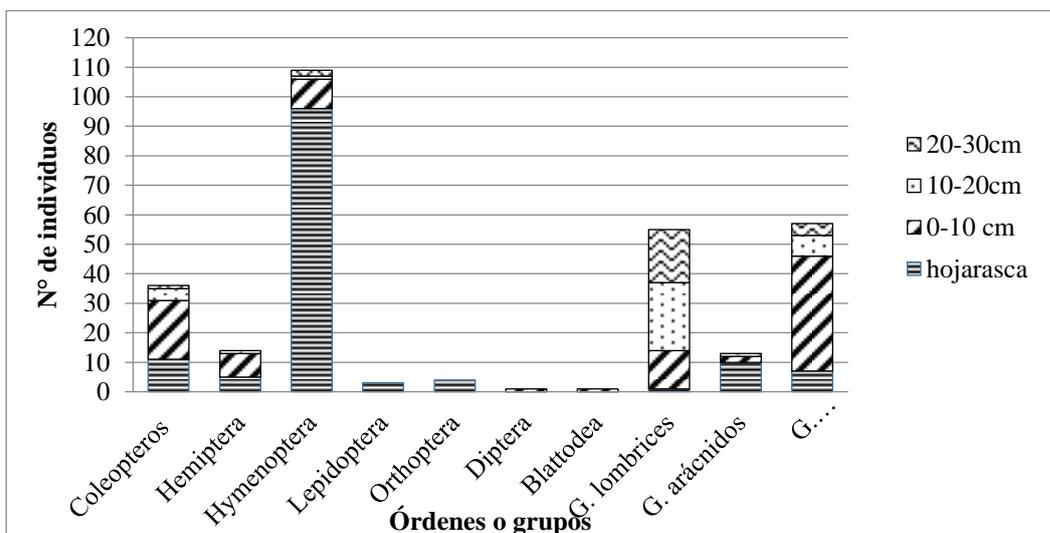


Figura 1. Distribución vertical de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en una zona de bosque seco tropical, Linares - Nariño.

La distribución vertical de la macrofuna edáfica del sistema convencional (Figura 2) presentó comportamientos similares al del sistema silvopastoril, dado que hubo mayor presencia de individuos en la hojarasca, y disminuyeron en los estratos más profundos. A su vez, en los potreros a libre exposición se presenta un desbalance de organismos debido a que las interacciones ecológicas se ven afectadas por la simplificación de los sistemas productivos ^[23], como también la presencia de raíces de gramíneas en los primeros estratos del suelo permite que los macroinvertebrados se alimenten de la materia orgánica o de las raíces ^[22].

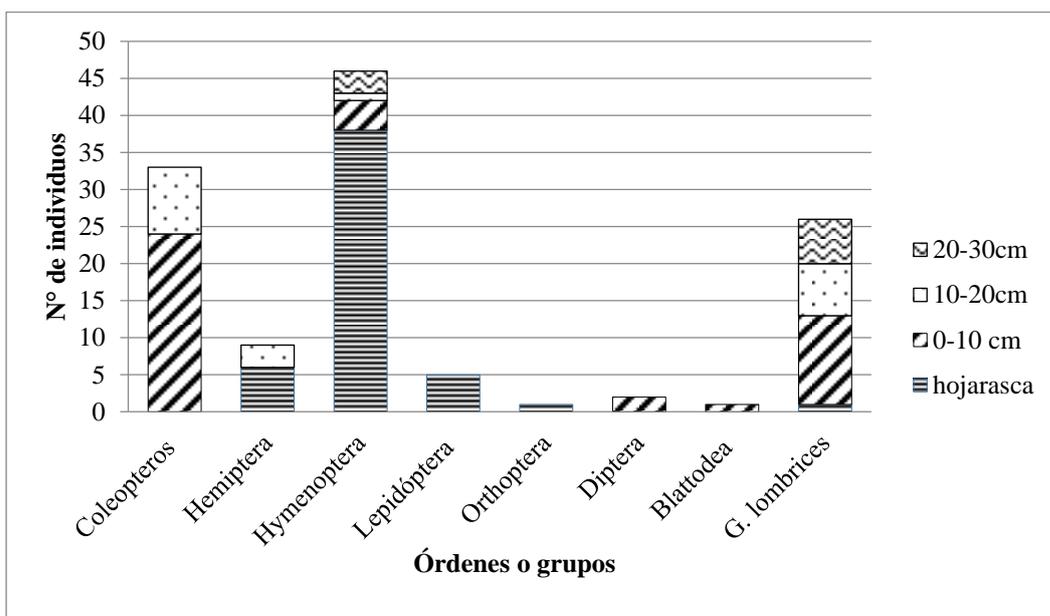


Figura 2. Distribución vertical de la macrofauna edáfica en un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical, Linares- Nariño.

Al estudiar los órdenes y grupos de macroinvertebrados en los dos sistemas y en las dos épocas del año, se recurrió a la prueba de chi cuadrado para encontrar las diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

El orden Hymenoptera presentó diferencias significativas entre los sistemas y épocas del año ($p < 0,05$), con mayor presencia de especímenes en el sistema con estrato arbóreo en época lluviosa, lo cual concuerda con la investigación de Gallego y Salguero ^[24] realizada en un bosque seco tropical, en dos sitios de estudio, bosque y potrero, donde reportaron mayor abundancia en el bosque, con 9324 individuos, y 3846 individuos en el potrero.

Las hormigas presentaron la mayor abundancia en el sistema silvopastoril, con 1728 individuos/m², a diferencia del sistema convencional con 576 individuos/m², en época de lluvia. Similares resultados encontraron Pardo et al ^[25] al evaluar los sistemas pastizal, cafetal con sombrío y bosque secundario en temporada lluviosa, donde las hormigas fueron las más abundantes en los tres arreglos. El predominio de formícidos se debió posiblemente a que las hormigas son indicadores de perturbación del medio edáfico, debido a su habilidad para sobrevivir mayormente en suelos agrícolas ^[5].

Sin embargo, las hormigas, por su diversidad de hábitos alimenticios y estrategias de forrajeo, son importantes para el funcionamiento de los ecosistemas, principalmente porque se relacionan con el reciclaje de nutrientes, la descomposición de hojarasca, la dispersión de semillas y la regulación natural de insectos indeseados ^[1]. Por esta razón, el equilibrio de estos individuos permite recuperar las funciones ecológicas de los sistemas ganaderos.

El grupo de miriápodos mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre sistemas y épocas. La mayor cantidad se presentó en el sistema silvopastoril, con mayor presencia en los meses de lluvia, posiblemente porque los miriápodos huyen de la luz y buscan la humedad ^[26], ambiente que ofrece el sistema silvopastoril debido a que la sombra de los árboles condiciona un microclima edáfico favorable de humedad y temperatura que garantiza la recolonización de la macrofauna ^[5].

Los milpiés son importantes en el suelo debido a que se asocian a la materia orgánica y a ambientes con buena cobertura vegetal. Su presencia en un sistema es indicadora de fertilidad y disponibilidad de nutrientes ^[1]. Por lo anterior es importante la conservación de estos organismos en los sistemas ganaderos.

El grupo de lombrices mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre sistemas y épocas, donde la mayor cantidad se presentó en el sistema silvopastoril en época lluviosa, similares a los reportados por Jiménez et al ^[27], quienes señalan que durante la época lluviosa tuvieron valores más altos de individuos, y que las lombrices de tierra estuvieron inactivas durante la época seca, puesto que el contenido de agua del suelo también varió con la profundidad.

En cuanto a la abundancia, en el grupo de lombrices se encontraron 880 individuos/m² en el sistema silvopastoril y 416 individuos/m² en el sistema convencional, valores superiores a los reportados por Sánchez y Hernández ^[7], quienes encontraron 740 individuos en un sistema silvopastoril y 297 individuos en el pastizal de gramíneas. Además, en estudios realizados por Leyva ^[28], se encontró que las lombrices constituyeron los organismos predominantes en los sistemas silvopastoriles y de arboleda, a diferencia de pastos cultivados y naturales.

Las lombrices de tierra tienen funciones específicas importantes para el mejoramiento de la calidad del suelo. Algunas habitan las capas superiores y participan en la circulación de nutrientes al descomponer la materia orgánica. Otras, que habitan en sustratos más profundos, modifican la estructura del suelo con su actividad cavadora y producción de heces. ^[1] Por esta razón, conservar estas poblaciones es de gran importancia en los sistemas ganaderos.

Para el orden coleóptero se encontró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sistemas y épocas del año. La mayor cantidad de escarabajos se recolectaron en el sistema silvopastoril. Al respecto, Hernández et al ^[29] señalan que algunas especies prefieren hábitats con cobertura vegetal suficiente, que les provean refugio y alimento, pues la conservación de remanentes de bosque, incluyendo rastrojos y bordes de bosque, permite la permanencia de un buen número de especies de este grupo de insectos ^[30].

La mayor abundancia de escarabajos se presentó en época lluviosa de los dos sistemas evaluados (27,1%), superior al obtenido por Barraza et al ^[31], (21%) con un comportamiento similar, donde la abundancia aumentó con el inicio del periodo de lluvias, época de mayor oferta de recursos tanto a nivel cualitativo como cuantitativo por parte del bosque, que representa disponibilidad de recursos como frutos y otros invertebrados.

El aumento de los escarabajos estercoleros en los sistemas de reconversión ganadera permite recuperar las funciones ecológicas relacionadas con el reciclaje de nutrientes, la degradación de estiércol y el control biológico de moscas debido a que algunos son reconocidos por ser depredadores de huevos y larvas de moscas, y otros son fuertes competidores por recurso y espacio, al descomponer rápidamente el estiércol y disminuir su disponibilidad para la reproducción de las moscas, con lo que se regulan sus poblaciones y se mejora la sanidad y bienestar del ganado ^[1].

El grupo de arácnidos mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre épocas y arreglos pastoriles, posiblemente porque prefieren hábitats húmedos y presencia arbórea. Flores ^[32], al evaluar comunidades de arañas en diferentes bosques, encontró mayor abundancia en bosques húmedos, mientras que los ambientes extremos como los de los bosques xerofíticos o muy seco tropical resultaron con los valores más bajos.

La totalidad de arañas se recolectaron en el sistema silvopastoril, valores que pueden resultar por la disponibilidad vegetal que este arreglo ofrece, puesto que la comunidad de arañas del suelo en los sistemas silvopastoriles responden positivamente cuando en el sistema se incluyen árboles en la arquitectura vegetal ^[33].

Armendano y Gonzales ^[34] mencionan que las arañas tienen preferencia positiva frente a las larvas de lepidópteros defoliadores, son depredadoras capaces de reducir las poblaciones de insectos plaga que ocasionan serios daños a la vegetación.

La presencia de lepidópteros mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre época seca y época lluviosa del sistema silvopastoril, diferencias que pueden resultar debido que su reproducción es exitosa en sitios con alta humedad y abundancia de recursos alimenticios ^[23].

La mayor cantidad de mariposas se encontró en el sistema convencional, probablemente por la abundancia de Poaceae (*Panicum maximim*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*), que les sirven como plantas hospederas a la familia Geometridae, y se encuentran comúnmente en paisajes alterados ^[35]. Al respecto, Tobar et al ^[36] menciona que existen un grupo de mariposas de estructura de vegetación simple, que no son afectadas por la variación climática, prefieren ambientes perturbados o transformados y tienen hábito alimenticio de tipo generalista, razón por la cual se recolectaron individuos en el pastizal a lo largo de todo el año.

Las larvas de lepidópteros son la forma perjudicial de este orden, consideradas verdaderas plagas en cultivos extensivos, como también en plantaciones comerciales de frutales y forestales ^[37]. Por lo anterior, es importante promover organismos predadores para el control de estos individuos en los agroecosistemas.

Para los órdenes Blattodea, Hemíptera, Díptera y Orthóptera no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre arreglos pastoriles y épocas del año.

La Figura 3 indica que el sistema silvopastoril presentó mayor porcentaje de individuos y grupos macrofaunísticos, predominando el orden Hymenoptera, los grupos de lombrices y de miriápodos, probablemente por el ambiente que el estrato arbóreo genera, debido al efecto beneficioso que ocasiona la copa de los árboles en la regulación de los factores temperatura y humedad, que favorecen el microclima del medio ^[38]. Además, la introducción de árboles leguminosos contribuye al aumento en densidad y diversidad de macrofauna del suelo ^[39].

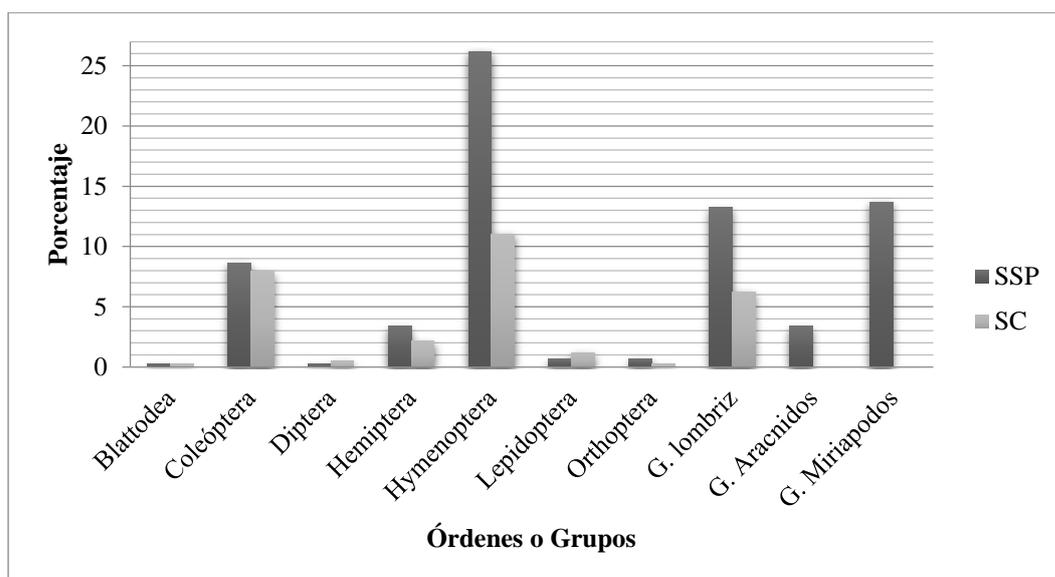


Figura 3. Comparación del porcentaje de abundancia de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril y uno convencional, bosque seco tropical, Linares-Nariño.

CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril presentó un mayor contenido de materia orgánica, y casi cinco veces la cantidad de fósforo disponible con respecto al sistema convencional.

El número de grupos taxonómicos de macroinvertebrados y la proporción de individuos de cada grupo fueron mayores en el sistema silvopastoril y en época lluviosa. Los órdenes más predominantes fueron Hymenoptera, grupos de lombrices y de miriápodos.

El orden Coleóptera y los grupos de lombrices, miriápodos y arañas son de gran importancia para los servicios ambientales de los sistemas ganaderos, mientras que las hormigas son indicadoras de perturbación del suelo, y las larvas de mariposas generadoras de daños en la vegetación.

La inclusión de árboles leguminosos, como el vainillo (*Senna spectabilis*), en el sistema silvopastoril para producción ganadera demostró ser efectivo para mejorar la fertilidad del suelo, la diversidad y la abundancia de macroinvertebrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] Zuluaga AF, Giraldo C, Chará J. Servicios ambientales que proveen los sistemas silvopastoriles y los beneficios para la biodiversidad: Manual 4, proyecto ganadería colombiana sostenible. [en línea]. Bogotá; 2011. Consultado el [19 de enero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.cipav.org.co/pdf/4.Servicios.Ambientales.pdf>
- [2] Gil JL, Espinoza Y, Obispo N. Relaciones suelo-planta-animal en sistemas silvopastoriles. CENIAP HOY [en línea]. 2005. Consultado el [2 de febrero de 2016]. 9 (-): p. 226-231 Disponible en Internet: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil_1/arti/gil_1.htm
- [3] Crespo G. Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. [en línea]. 2008. Consultado el [2 de febrero de 2016]. 42 (4): p. 329-335 Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193015490001.pdf>
- [4] Cabrera G. Manual práctico sobre macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. [en línea]. Cuba; 2014. p. 24. Consultado el [19 de enero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.rufford.org/files/Manual%20Pr%C3%A1ctico%20Sobre%20la%20Macrofauna%20del%20Suelo.pdf>
- [5] Cabrera G. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/ perturbación del suelo, resultados obtenidos en Cuba. Pastos y forrajes. [en línea]. 2012. Consultado el [22 de enero de 2016]. 35 (4): p. 346-363 Disponible en Internet: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942012000400001&script=sci_arttext
- [6] Moreira F, Huising J, Bignell D. Manual de biología de suelos tropicales, muestreo y caracterización de la biodiversidad bajo suelo. [en línea]. México; 2012. Consultado el [18 de enero de 2016]. Disponible en Internet: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=667
- [7] Sánchez S, Hernández M. Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos. Pastos y Forrajes. [en línea]. 2011. Consultado el [19 de enero de 2016]. 34 (3): p. 359-366. Disponible en Internet: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/567-143-1-SM.pdf>
- [8] Zaldívar N, Benítez D, Pérez B, Fernández Y, Montecelos Y, Castro L. Efecto de la vegetación sobre la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo en ecosistemas ganaderos. Revista Electrónica Granma Ciencia. [en línea]. 2009. Consultado el [19 de enero de 2016]. 13 (1). Disponible en Internet: http://www.grciencia.granma.inf.cu/vol13/1/2009_13_n1.a4.pdf

- [9] Gálvez A, Lagos Y, Armero C. Caracterización de herbáceas y arbustivas de un sistema silvopastoril de bosque seco tropical. REVIP. 2014. 3 (1): 57-72.
- [10] Carreño MR. Manual de métodos analíticos del laboratorio de suelos. Universidad de Nariño. 2015.
- [11] ANDERSON, J., and INGRAM, J. 1993. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods. Wallingford, CAB. p. 46.
- [12] Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. [en línea]. Zaragoza; 2001. Consultado el [18 de noviembre de 2015]. Disponible en Internet: <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- [13] SAS Institute Inc. 2004. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. p.5136
- [14] USDA. "Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys". 1999. Disponible en Internet: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>
- [15] Rucks L, García F, Kaplán A, Ponce de Leon J, Gil M. Propiedades físicas del suelo. [en línea]. Montevideo-Uruguay; 2004. p. 6. Consultado el [16 de enero de 2016]. Disponible en Internet: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
- [16] Mahecha L, Rosales M, Molina CH, Molina EJ. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO: Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Cali. Cali Colombia: CIPAV; (SA). Disponible en Internet: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Mahech20.htm>
- [17] Bolívar DM. Contribución de *Acacia magium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicula* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. [Trabajo de Postgrado, Magister scientiae]. Turrialba, Costa Rica: Centro agronómico de investigación y enseñanza CATIE; 1998.
- [18] Lozano MD, Corredor GA, Vanegas MA, Figueroa L, Ramírez M. Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: Opción tecnológica para el Valle Cálido del Alto Magdalena. [en línea]. Tolima, Colombia: Produmedios; 2006. Consultado el [19 de enero de 2016]. Disponible en Internet: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201202/Unidad1/UNIDAD_1_2015/Silvopastoriles_Cartilla_biofertilizantes.pdf
- [19] Leon LA. Fertilidad de suelos, diagnóstico y control: Evaluación de la fertilidad del suelo. [en línea]. Bogotá-Colombia: GUADALUPE LTDA; 2001. Consultado el [8 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/bitstream/11348/4922/1/216.1.pdf>

- [20] Sánchez S, Crespo G, Hernández M, García Y. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. *Zootecnia Trop.* [en línea]. 2008 Consultado el [19 de enero de 2016]. 26 (3): 269-273. Disponible en Internet: <http://www.bioline.org.br/pdf?zt08044>
- [21] Menéndez Y, Cabrera G. La macrofauna de la hojarasca en dos sistemas con diferente uso de la tierra y actividad ganadera en cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* [en línea]. 2014. Consultado el [19 de enero de 2016]. 48 (2): 181-188. Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193031101016.pdf>
- [22] Vega AM, Herrera RS, Rodríguez GA, Sánchez S, Lamela L, Santana AA. Evaluación de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en el valle del Cauto, Cuba. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola.* [en línea]. 2014. Consultado el [2 de febrero de 2016]. 48 (2): 189-193. Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193031101017.pdf>
- [23] Giraldo C., Reyes L.K., Molina J. 2011. Manejo integrado de artrópodos y parásitos en sistemas silvopastoriles intensivos. Manual 2, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. [en línea]. Bogotá; 2011. Consultado el [8 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.cipav.org.co/pdf/2.Manejo.Integrado.de.Plagas.pdf>
- [24] Gallego MC, Salguero B. Ensamblaje de hormigas del bosque seco tropical, jardín botánico de Cali. *Colombia forestal.* [en línea]. 2014. Consultado el [19 de enero de 2016]. 18 (1): p. 139-150 Disponible en Internet: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/7118-38736-2-PB.pdf>
- [25] Pardo LC, Vélez CP, Sevilla F, Madrid O. Abundancia y biomasa de macroinvertebrados edáficos en la temporada lluviosa, en tres usos de la tierra, en los Andes colombianos. [Trabajo de Doctorado en Biología]. Valle del cauca [Colombia]: Universidad del Valle; 2006. p. 7.
- [26] García A. Programa de edafología: el suelo como hábitat, fauna del suelo, artrópodos, miriápodos. España. Universidad de Extremadura. Facultad de Ciencia. Departamento de biología. 2006
- [27] Jiménez JJ, Moreno AG, Decaëns T, Lavelle. Ciclo de vida y biología de las lombrices de tierra de la sabana: Las comunidades de lombrices en las sabanas nativas y en los pastizales introducidos de los Llanos Orientales de Colombia. *Biology and Fertility of Soils.* [en línea]. 1998. Consultado el [21 de enero de 2016]; 28 (-): p. 101-110. Disponible en Internet: http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/tsbf/pdf/arado_natural_parte2.pdf
- [28] Leyva SL. Valoración de indicadores de calidad para el diseño e implementación de tecnologías de manejo en luvisoles de la zona norte de la provincia de las Tunas, Cuba. [Trabajo de Doctorado Ingenieros Agrónomos]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid; 2013. p. 128.

- [29] Hernández B, Maes JM, Harvey C, Vílchez S, Medina A, Sánchez D. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* [en línea]. 2003. Consultado el [19 de enero de 2016]. 10 (39-40): 95-102. Disponible en internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/nonfao/lead/x6369s/x6369s00.pdf>
- [30] Escobar, F. Estudio de la comunidad de Coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte del Tolima, Colombia. *Caldasia*. [en línea]. 1997. Consultado el [19 de enero de 2016]. 19 (3): p. 419-430 Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17443/18318>
- [31] Barraza J, Montes J, Martínez N, Cuauhtémoc D. Ensamblaje de escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) del bosque tropical seco, Bahía Concha, Santa Marta (Colombia). *Rev. Colomb. Entomol.* [en línea]. 2010. Consultado el [19 de enero de 2016]. 36 (2): p. 285-291 Disponible en Internet: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882010000200019&script=sci_arttext
- [32] Flóres E. estructura de comunidades de arañas (araneae) en el departamento del valle, suroccidente de Colombia. *Caldasia*. [en línea]. 1998. Consultado el [19 de enero de 2016]. 20 (2): p. 173-192 Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17477/18344>
- [33] Ayazo R, Soto R. Influencia de la estructura vegetal en la comunidad de arañas (Arachnida: araneae) del suelo en un sistema silvopastoril de Córdoba, Colombia. [Trabajo de grado Biología]. Montería: Universidad de Córdoba; 2007.
- [34] Armendano A, Gonzalez A. Efecto de las arañas (Arachnida: Araneae) como depredadores de insectos plaga en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) (Fabaceae) en Argentina. *Rev. Biol. Trop.* . [en línea]. 2011. Consultado el [8 de febrero de 2016]. 59 (4). p. 1651-1662. Disponible en Internet: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442011000400018
- [35] Hernández B, Maes JM, Harvey C, Vílchez S, Medina A, Sanchez D. Diversidad y abundancia de mariposas diurnas en un paisaje fragmentado en el departamento de Matiguas (Matagalpa). [en línea]. Nicaragua: SA. Consultado el [19 de enero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.bio-nica.info/biblioteca/HernandezMariposasMatagalpa.pdf>
- [36] Tobar B, Rangel O, Andrade G. Diversidad de mariposas (Lepidóptera: Rhopalocera) en la parte alta de la cuenca del río el roble (Quindío-Colombia). *Caldasia*. [en línea]. 2002. Consultado el [19 de enero de 2016]. 24 (2): p. 393-409 Disponible en Internet: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/39422/41313>
- [37] Urretabizkaya N, Vasicek A, Saini E. Insectos perjudiciales de importancia Agronómica: Lepidópteros. [en línea]. Buenos Aires: INTA. 2010. Consultado el [8 de

febrero de 2016]. Disponible en Internet: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_lepidopteros.pdf

[38] Sánchez S, Milera M. Dinámica de la macrofauna edáfica en la sucesión de un sistema de manejo de gramíneas a un sistema con árboles intercalados en el pasto. *Pastos y Forrajes*. [en línea]. 2002. Consultado el [19 de enero de 2016]. 25 (3): p. 189-194. Disponible en Internet: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/867-743-1-SM.pdf>

[39] Días P, Manhaes S, Fernandes M, Menezes K, Franco. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofaunado solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Pesq Agropec Trop*. [en línea]. 2007. Consultado el [20 de enero de 2016]. 37 (1). p. 38-44. Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253020279007>