



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

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

Arturo L. Gálvez-Cerón^a Zoot PhD, Alejandra M. Reina-López^b, Erika V. Meneses-Estrada^b

Recibido: 17-feb-2016

Aceptado: 26-feb-2016

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 1.100 mm y una altitud de 1.007 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 completamente al azar con arreglo factorial 2×2, con seis réplicas por tratamiento, aplicando la prueba de chi-cuadrado (χ^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 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 4.688 individuos por metro cuadrado, frente a 1.968 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, biodiversidad, fertilidad, macrofauna edáfica, silvopastoril

ABSTRACT

Livestock has caused fragmentation of forests and reduction of plant species. Consequently, the variety and abundance of edaphic macrofauna, and the soil fertility decreases. This research was conducted at the El Pilche farm, municipality of Linares, department of Nariño. The place has an average temperature of 25° Celsius, an annual rainfall of 1100 mm; it is located at 1007 meters

^a Profesor, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. galvezceron@udenar.edu.co

^b Estudiantes de Zootecnia, Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. alejitaawb@hotmail.com, vane.me.196@gmail.com

above sea level. For one year, edaphic macrofauna was quantified in two types of farming systems: silvopastoral system (*Senna spectabilis* + *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 were determined, as well as the differences between the two farming systems and seasons (dry-wet). A complete random design 2×2 factorial arrangement with six replications per treatment was used, together with the chi-square test (χ^2) to support it. The findings showed higher amount of organic matter (4.8%) and available phosphorus (52.5 mg/kg) prevalent in the silvopastoral system, compared to the conventional system with 4.4% of organic matter and available phosphorus (12.2 mg / kg). On the other hand, the diversity of macrofauna groups was predominant in the silvopastoral system, with a rate of 1.82 in the Shannon index, and 0.78 in the Simpson index. The quantity was also larger in the silvopastoral system with 4688 individual per square meter, compared with 1968 individual per square meter in the traditional system. The orders of Hymenoptera, Coleoptera, Lepidoptera, and the groups of centipedes, earthworms, and arachnids presented significant differences ($p < 0.05$) between systems and periods. In conclusion, the growing of leguminous plants, as *Senna spectabilis*, in a silvopastoral arrangement, contributes to improve the soil fertility and the variety and diversity in the 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 lo tanto, el

manejo adecuado del suelo proporcionará mayor variedad y mayor cantidad de organismos edáficos, de manera que puedan contribuir para asegurar el reciclaje de nutrientes, así como 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, contribuyendo al fraccionamiento de la hojarasca, que 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, estudios señalan que la cantidad de organismos está determinada por las condiciones ambientales, fundamentalmente temperatura y humedad, que propician la presencia de árboles en los arreglos silvopastoriles, la cantidad de hojarasca acumulada en el suelo y el estado nutricional de plantas del 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].

Con base en los anteriores argumentos, la presente investigación tuvo como objetivo cuantificar la macrofauna edáfica de un sistema silvopastoril, y compararla con la de un sistema

convencional ubicado en una zona de bosque seco tropical, con el fin de determinar el potencial biológico que puede presentar dicha 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 utilizó dos lotes contiguos de la misma finca, el primero conformado por árboles de *Senna specatabilis* y *Panicum maximum* y el segundo constituido por una mezcla de *Panicum maximum*, *Brachiaria decumbens* e *Hyparrhenia rufa*, con una extensión de dos hectáreas cada uno. Se recorrió en zig-zag 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 25×25×30 cm cada uno, en cada sistema; posteriormente, cada monolito se colocó en una superficie blanca y se dividió en cuatro estratos: hojarasca de 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Los individuos recolectados se cuantificaron mediante observación directa, se depositaron en frascos rotulados con alcohol al 70% y fueron llevados 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 siguientes propiedades físicas: contenido de arena, limo, arcilla, humedad y densidad aparente, así como las propiedades químicas: contenido de materia orgánica, pH, fósforo disponible, carbono orgánico, capacidad de intercambio catiónico, según los protocolos utilizados por el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Nariño^[10].

Clasificación taxonómica. Se realizó un montaje de los macroinvertebrados colectados en una superficie de icopor, el cual se efectuó inmediatamente, para evitar daños en la muestra. El montaje consistió en introducir un alfiler en forma vertical cerca del centro de gravedad del insecto. La clasificación se llevó a cabo según las claves y metodologías utilizadas por el Laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño, determinando orden y familia.

Diversidad y abundancia. Se calculó los índices de Shannon y de Simpson, los cuales permiten hacer comparaciones rápidas y sujetas a comprobación estadística entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo. Para ello se determinaron las familias de mayor abundancia en cada uno de los sistemas. Se utilizaron las fórmulas que se relacionan a continuación^[12]:

Dominancia de Simpson: $\lambda = \sum p_i^2$

Diversidad de Simpson: $D\lambda = 1 - \lambda$

Diversidad de Shannon: $H' = - \sum p_i \ln p_i$

Equidad de Shannon: $H'E = \frac{H}{\ln S}$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i .

\ln = logaritmo natural.

Análisis Estadístico

Se empleó un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 2x2, con seis réplicas por tratamiento, donde la variable tiempo tuvo dos

niveles (época seca y lluviosa), y la variable sistema ganadero (silvopastoril y convencional). El análisis se hizo mediante una prueba de chi-cuadrado (χ^2), con 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. El suelo de los dos sistemas evaluados

presentó una textura franco-arcillo-arenosa, según el Diagrama de Textura USDA [14], encontrando valores muy altos para el componente arena, debido posiblemente la ubicación en la vega del río Guaitara.

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

Parámetros	Unidad	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

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].

En el estudio se encontró mayor contenido de materia orgánica, y casi cinco veces la cantidad de fósforo disponible (P) en el sistema silvopastoril. En este mismo sentido, Mahecha et al [16] encontraron mayor contenido de fósforo y materia orgánica en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala* + *Cynodon plectostachyus*, al ser comparado con un monocultivo de la misma gramínea. Bolívar [17] también en-

contró mayor contenido de fósforo bajo un sistema silvopastoril de *Acacia mangium* + *Bra-chiaria humidicola* que cuando esta misma gramínea en monocultivo.

Entre los principales servicios ambientales ofrecidos por los sistemas silvopastoriles están la recuperación y el mejoramiento de los 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, la descomponen y la mineralizan para, de esa manera, liberar los elemen-

tos esenciales que requieren las plantas^[1]. Además, la lombriz de tierra contribuye con un aumento del nivel de fósforo disponible, en comparación con el suelo no intervenido por este anélido^[19].

Clasificación taxonómica de la macrofauna

En el sistema silvopastoril se recolectó 293 individuos correspondientes a 14 familias (Tabla

2). La más abundante fue la familia Formicidae con el 37,2%, seguidos por los 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 de 13 familias, la mayoría pertenecientes a las familias Formicidae (37,4%), Scarabaeidae (25,2%), en el grupo de lombrices está el 21,1%, y el 16,3% en las demás especies.

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

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	Blatidae	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

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

Diversidad y abundancia

Diversidad. Se observó que el sistema silvopastoril (Tabla 3) presentaba el valor más alto en cuanto a diversidad, tanto en el índice de

Simpson (0,78) como el de Shannon (1,82), cuyos resultados también mostraron ser los más equitativos al analizar la distribución de las especies; de manera contraria, en el sistema convencional estudiado, se presentó la mayor dominancia de algunas de las especies.

Los valores superiores mostrados por el índice de diversidad, en el sistema silvopastoril, se pueden explicar por los servicios ambientales que presta el estrato arbóreo, representados

fundamentalmente por condiciones más favorables en cuanto a mayor fertilidad por el aporte de hojarasca, una menor temperatura y mayor

humedad del suelo, según señala Sánchez et al^[20], que facilitan el establecimiento de individuos de la macrofauna edáfica.

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.

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

Abundancia. La abundancia de la macrofauna fue mayor en el sistema silvopastoril, con 4.668 individuos por metro cuadrado (ipm²), comparado con el convencional, con 1968 ipm² (Tabla

4). Resultados similares a los encontrados por Menéndez y Cabrera^[21], en un sistema silvopastoril con leucaena (5.767 individuos), y con un pastizal de *P. maximum*, con 1.471 individuos.

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

Orden	Sistema silvopastoril		Sistema convencional	
	E. Lluvia ipm ²	E. seca ipm ²	E. Lluvia ipm ²	E. seca ipm 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	4.688		1.968	

ipm²: 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 (Figura 1) se observó que ésta decrece conforme aumenta la profundidad, mayor en la hojarasca y menor en rango de 20-30 cm. Estos datos coinciden con los de Vega et al^[22], quienes encontraron mayor cantidad de individuos en la hojarasca, atribuyendo tal situación a la mayor presencia de alimentos en esta capa sobre el suelo, formada con la caída de las hojas de los árboles presentes.

La distribución vertical de la macrofauna edáfica del sistema convencional (Figura 2) pre-

sentó comportamiento similar al del silvopastoril, dado que hubo mayor presencia de individuos en la hojarasca y menor en los estratos más profundos. A su vez, en los potreros a libre exposición se presenta un desbalance de organismos, debido a la afectación por las interacciones ecológicas por la simplificación de sistemas productivos^[23], como también la presencia de raíces de gramíneas en los primeros estratos del suelo, que permite que los macroinvertebrados se alimenten de la materia orgánica o de las raíces^[22].

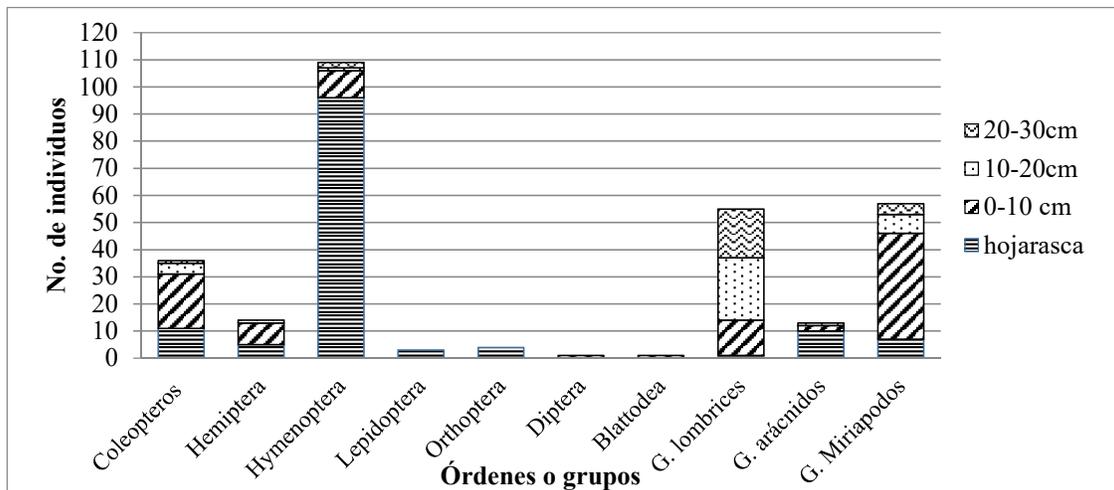


Figura 1. Distribución vertical de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril en una zona de bosque seco tropical, Linares, Nariño.

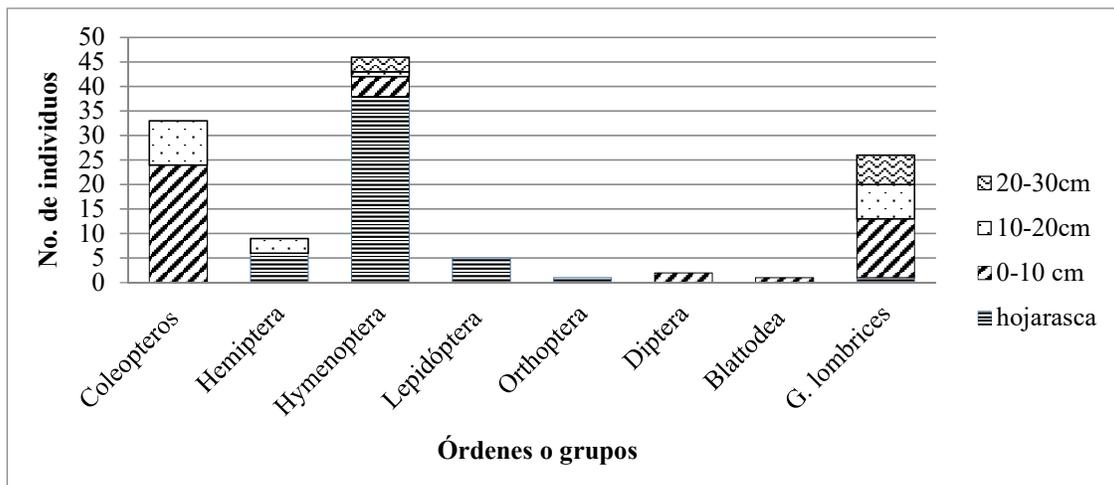


Figura 2. Distribución vertical de la macrofauna edáfica en un sistema convencional en una zona de bosque seco tropical, Linares, Nariño.

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

El orden Hymenoptera presentó diferencias significativas entre los sistemas, al igual que entre las 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, reportando mayor abundancia en el bosque (9.324 individuos) que en potrero (3.846 individuos).

Las hormigas presentaron la mayor abundancia en el sistema silvopastoril (1.728 ipm²), a diferencia del sistema convencional con 576 ipm², en época de lluvia. Similares resultados encontraron Pardo et al [25], al evaluar sistemas pastizal, cafetal con sombrío y bosque secundario en temporada lluviosa, siendo las hormigas 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 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 están relacionadas 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.

Por otra parte, 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 sitios con mayor 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, similar a lo reportado 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 ipm² en el sistema silvopastoril y 416 ipm² 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 sus actividades cavadora y de 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, observando la mayor cantidad de escarabajos 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, en los dos sistemas evaluados (27,1%), superior al obtenido por Barraza et al^[31] (21%), aunque se nota un comportamiento similar, donde la abundancia aumentó con el inicio del periodo de lluvias, época que tiene la capacidad de determinar 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, presentes 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].

Por su parte, el grupo de arácnidos mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre épocas y arreglos pastoriles, posiblemente porque éstos prefieren hábitats húmedos y presencia arbórea. En este sentido, 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 fueron recolectadas en el sistema silvopastoril, lo que puede deberse a 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 diferencia significativa ($p < 0,05$) entre época seca y época lluviosa del sistema silvopastoril, la que puede ser el resultado de su estrategia reproductiva, la cual es exitosa en sitios con alta humedad y buena 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 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 el caso de los órdenes Blattodea, Hemíptera, Díptera y Orthóptera, las diferencias no fueron significativas ($p > 0,05$) entre arreglos pastoriles, y entre las épocas del año.

En la Figura 3 se muestra el sistema silvopastoril, el cual 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].

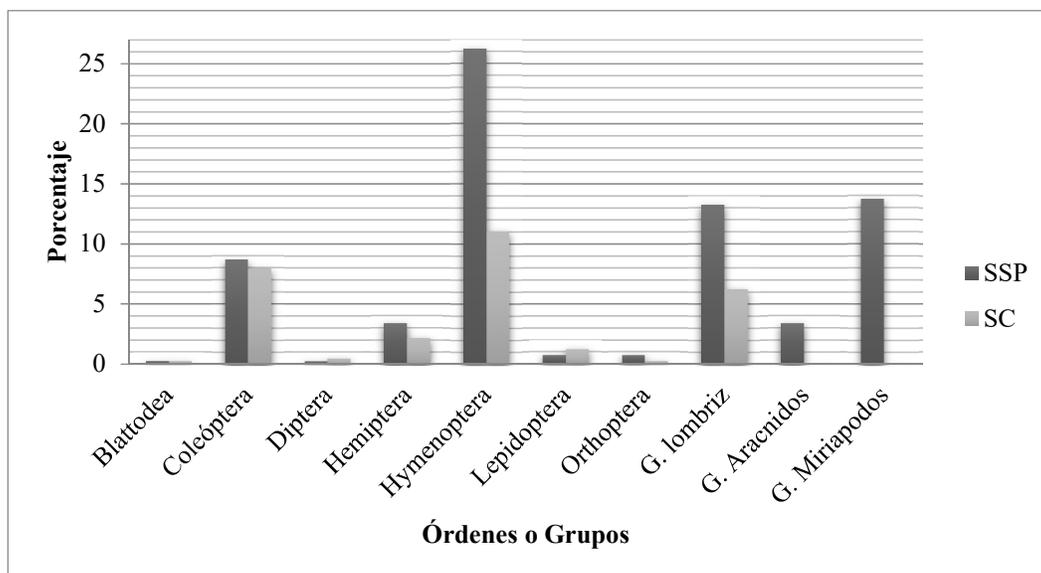


Figura 3. Comparación del porcentaje de abundancia de la macrofauna edáfica en un sistema silvopastoril (SSP) y uno convencional (SC), bosque seco tropical, Linares, Nariño.

CONCLUSIONES

El sistema silvopastoril presentó un mayor contenido de materia orgánica y casi cinco veces más en la cantidad de fósforo disponible, en comparación con un el sistema convencional.

El número de grupos taxonómicos de macroinvertebrados y la proporción de individuos de cada grupo, fueron mayores en el sistema silvopastoril, en la época lluviosa. Los grupos predominantes pertenecen al orden Hymenoptera, al igual que a los grupos de lombrices y de miriápodos.

El orden Coleóptera y los grupos de lombrices, miriápodos y arañas fueron importantes para los servicios ambientales de los sistemas ganaderos, mientras que las hormigas son indicadoras de perturbación del suelo, y las larvas de mariposas generan daño en la vegetación.

La inclusión de leguminosos, como vainillo (*Senna spectabilis*), en sistema silvopastoril para ganadería, puede 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; 9: 226-231. Consultado el [2 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: http://sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n9/arti/gil_l/arti/gil_l.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. 2008; 42 (4): 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. 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. 2012; 35(4): 346-363. Consultado el [22 de enero de 2016]. 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. 2011; 34(3): 359-366. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. 2009; 13 (1). Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. Investg.pecu. 2014; 3 (1): 57-72.
- [10] Carreño MR. Manual de métodos analíticos del laboratorio de suelos. Pasto [Colombia]: Universidad de Nariño; 2015.

- [11] Anderson J, Ingram J. Tropical soil biology and fertility: A Handbook of methods. Wallingford: CAB; 1993.
- [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/man-ytes/metodos.pdf>
- [13] SAS Institute Inc. SAS/STAT® 9.1 User's Guide. Cary [NC]: SAS Institute Inc; 2004.
- [14] USDA. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. USA: USDA; 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. 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 [Colombia]: CIPAV; sf. 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, MSc]. Turrialba [Costa Rica]: Centro agronómico de investigación y enseñanza CA-TIE; 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; 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. 2008; 26(3): 269-273. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. 2014; 48(2): 181-188. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. 2014; 48(2): 189-193. Consultado el [2 de febrero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/pdf/1930/193031101017.pdf>
- [23] Giraldo C, Reyes LK, Molina J. 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.ci-pav.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. 2014; 18(1): 139-150. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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]. Cli [Colombia]: Universidad del Valle; 2006.
- [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*. 1998; 28: 101-110. Consultado el [21 de enero de 2016]; 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.
- [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*. 2003; 10(39-40): 95-102. Consultado el [19 de enero de 2016]. Disponible en internet: <ftp://ftp.fao.org/docrep/non-fao/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*. 1997; 19(3): 419-430. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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.* 2010; 36(2): 285-291. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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*. 1998; 20(2): 173-192. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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, González A. Efecto de las arañas (Arachnida: Araneae) como depredadores de insectos plaga en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) (Fabaceae) en Argentina. *Rev. Biol. Trop.* 2011; 59(4): 1651-1662. Consultado el [8 de febrero de 2016]. 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 Matagalpa (Matagalpa). Nicaragua; sf. 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*. 2002; 24(2): 393-409. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. 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. 2002; 25(3): 189-194. Consultado el [19 de enero de 2016]. 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. 2007; 37(1): 38-44. Consultado el [20 de enero de 2016]. Disponible en Internet: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=253020279007>