

Macrofauna edáfica en tres sistemas ganaderos *Macrophauna of soil in three cattle-raising system*

Nircia Zaldívar, B. E. Pérez, Yorleidis Fernández y L. Licea

Instituto de Investigaciones Agropecuarias Jorge Dimitrov

RESUMEN. Con el objetivo de estudiar la biodiversidad de la macrofauna del suelo en tres sistemas ganaderos diferentes, se llevó a cabo un muestreo en tres sistemas, silvopastoreo, asociación de gramíneas con leguminosas herbáceas y un sistema de monocultivo. Para el muestreo de la macrofauna en el suelo se excavaron diez calicatas en cada área de 25 x 25 x 20 cm, dividiendo el monolito en dos estratos de 0-10 cm y 10-20 cm. Manualmente se seleccionó la macrofauna, las lombrices se conservaron en formaldehído y los invertebrados restantes en alcohol al 70 %, para su posterior identificación. Se cuantificó el número de especies e individuos por estratos y por sistema. Se evaluó la diversidad taxonómica, la diversidad biológica por el índice de Shannon (H'), la equitatividad, la similitud biológica entre áreas y el coeficiente de comunidad para los sistemas. Para las dos profundidades se analizó la diversidad de unidades taxonómicas y el porcentaje de individuos totales. El sistema que más contribuyó a la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo fue el silvopastoreo. En la profundidad de 0-10 cm aparece un mayor número de unidades taxonómicas y de individuos totales en los tres sistemas ganaderos estudiados. Se observó un bajo coeficiente de comunidad (18,7%) lo que muestra poca relación entre los tres sistemas ganaderos estudiados en relación con la macrofauna del suelo.

Palabras clave: Diversidad, fauna, silvopastoreo, suelo.

ABSTRACT. With the objective of studying the biodiversity of the macrofauna of the soil in three different cattle systems, it was weighed to end in three systems, silvopastoral system, association of gramineous with leguminous herbaceous and a monocrop system. For the sampling of the macrofauna in the soil ten calicatas was dug in each area of 25 x 25 x 20cm, dividing the monolith in two strata of 0-10 cm and 10-20 cm. Manually the macrofauna was selected, the worms were conserved in formaldehyde and the spineless ones remaining in alcohol to 70 %, for its later identification. It was quantified the number of species and individuals by strata and for system. The diversity taxonómica, the biological diversity for the index of Shannon was evaluated (H'), the equitatividad, the biological similarity between areas and the community coefficient for the systems. For the two depths it was analyzed the diversity of units taxonómicas and the percentage of total individuals. The system that more it contributed to the biodiversity of macroinvertebrados of the soil it was the silvopastoral system. In the depth of 0-10 cm a bigger number of units taxonómicas appears and of total individuals in the three studied cattle systems. A low community coefficient was observed (18,7%) what shows little relationship among the three cattle systems studied with relationship to the macrofauna of the soil.

Keywords: Diversity, fauna, silvopastoral system, soil.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el subsistema de los ecosistemas terrestres donde se realiza principalmente el proceso de descomposición, fundamental para el reciclado de nutrientes que aseguren el proceso de producción, vital para el mantenimiento del ecosistema (Salazar, 2006). En él se alberga una de las comunidades biológicas más diversas del planeta, ya que contienen de 5 a 8 millones de especies pertenecientes, principalmente, a los

artrópodos. Un gramo de suelo puede contener hasta 40 000 especies de bacterias y en 1m² puede haber más de 1 000 especies de invertebrados (Jiménez *et al.*, 2002).

La diversidad y la abundancia de las comunidades de macro-invertebrados pueden ser usadas como indicadores de la calidad del suelo (Stork y Eggleton, 1992), debido a que las lombrices de tierra y la fauna del suelo, en general, influyen en la dinámica de sus procesos químicos. La

fauna del suelo debe ser considerada como un recurso natural potencial de uso sostenible en los sistemas de producción agrícola y ganaderos. El estudio de la biodiversidad y los procesos ecológicos asociados con los patrones de diversidad y con el funcionamiento del ecosistema son el punto de partida para comprender y manejar los ecosistemas tanto naturales como perturbados. El objetivo del presente trabajo fue estudiar la biodiversidad de la macrofauna del suelo en tres sistemas ganaderos diferentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Estación Experimental de pasto y Forrajes de Granma en tres sistemas diferentes: silvopastoreo, asociación de gramíneas con leguminosas herbáceas y un sistema de monocultivo.

Las especies presentes en el sistema silvopastoril son: *Panicum maximum*, *Leucaena leucocephala*, y *Terannus labiales*, más otras especies que se desarrollaron espontáneamente pero en menor cantidad que las sembradas. El sistema asociado de gramíneas y leguminosas herbáceas tuvo las mismas especies del sistema anterior, excepto la especie arbórea (*Leucaena leucocephala*). El sistema de monocultivo está compuesto por la especie *Brachiaria humidicola*.

Para el muestreo de la macrofauna se empleó el método recomendado por el programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF) (Anderson y Ingram, 1993). En el suelo se excavaron diez calicatas en cada área de 25 x 25 x 20 cm, dividiendo el monolito en dos estratos de 0-10 cm y 10-20 cm. Manualmente se seleccionó la macrofauna, las lombrices se conservaron en formaldehído y los invertebrados restantes en alcohol al 70 %, para su posterior identificación.

Se cuantificó el número de especies e individuos por estratos y por sistema. Se evaluó la diversidad taxonómica, la diversidad biológica por el índice de Shannon (H'), la equitatividad, la similitud biológica entre áreas y el coeficiente de comunidad para los sistemas.

Para las dos profundidades se analizó la diversidad de unidades taxonómicas y el porcentaje de indivi-

duos totales.

Las ecuaciones utilizadas fueron:

$$H' = -\sum P_i \cdot \log P_i \quad P_i = N_n/N$$

H' = Índice de Diversidad Biológica de Shannon.

N_n = Número de individuos por especie.

N = Número de individuos totales.

$$E = H'/ID_{max} \quad ID_{max} = \log N$$

E = Equitatividad.

H' = Índice de Diversidad Biológica de Shannon.

N = Número de individuos totales.

$$SB = C/S \cdot 100$$

SB = Similitud Biológica.

C = Número de especies comunes a ambas áreas.

S = Número total de especies.

$$Cc\% = N_c/N \cdot 100$$

Cc = Coeficiente de comunidad.

N = Total de especies determinadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema silvopastoril presentó la mayor diversidad taxonómica con 12 unidades taxonómicas (ut) en comparación con la asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas y con el sistema de monocultivo que presentaron 7 y 6 unidades taxonómicas (ut) respectivamente (tabla 1). Estos valores se consideran bajos al compararse con sistemas naturales con cierto grado de conservación como las selvas secundarias que poseen gran riqueza taxonómica (60 ut). (Ararat *et al.*, 2002)

Esto se debe a que en los sistemas no intervenidos por el hombre hay menor y casi nula alteración del suelo, y la presencia de vegetación multiestratificada provee protección y fuentes de alimentos en diferentes grados de descomposición a los macroinvertebrados, humedad constante así como mayores contenidos de materia orgánica. Ello explica la existencia de mayores unidades de diversidad en el silvopastoreo que a pesar de ser un sistema donde existe la actividad antropogénica, pero con la característica de tener una estructura vertical más compleja con mayor diversidad de plantas que le permite crear condiciones más favorables para la existencia de diferentes formas de vida, no así para el caso del monocultivo. En relación a ello

Decaëns *et al.* (1994) corroboraron que la población de macroinvertebrados del suelo responde claramente a las perturbaciones inducidas por las técnicas de manejo, encontrando una disminución marcada de la diversidad de la fauna cuando aplicaron técnicas como la quema de los

pastos, el monocultivo y los cultivos anuales. Por otra parte, señalaron que la utilización de sistemas de producción animal basados en el empleo de especies de pastos mejoradas en asociación presentó un impacto positivo en la macrofauna.

Tabla 1. Diversidad taxonómica y porcentaje de individuos totales por profundidad y por sistema

Sistemas	Profundidad (cm)	Diversidad Taxonómica (ut)		Individuos Totales		
		Profundidad	Sistema	Prof.	%	Sistema
Silvopastoreo	0-10	12	12	205	85,1	241
	0-20	7		36	14,9	
AGLH	0-10	7	7	116	91,3	127
	0-20	3		11	8,7	
Monocultivo	0-10	5	6	58	60,4	96
	0-20	5		38	49,6	

AGLH: Asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas.
ut: unidades taxonómicas.

La profundidad tuvo un efecto marcado en la composición de la macrofauna observándose un mayor número de unidades taxonómicas en la profundidad de 0-10 cm que en la de 11-20 cm (tabla 1). Resultados similares obtuvo Ararat (2002) en un estudio realizado del efecto de cinco manejos agroecológicos sobre la macrofauna en el municipio de Piendamó, Colombia.

Con respecto a la cantidad de individuos según la distribución vertical el mayor porcentaje de individuos totales se presentó en la profundidad de 0-10 cm, teniendo valores mayores en el silvopastoreo (85,1 %) y los valores menores se alcanzaron en el sistema de monocultivo (60,4 %) (tabla 1).

Tanto en el silvopastoreo como en la asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas al comparar los valores de porcentaje de los individuos totales en las dos profundidades existen diferencias (70,2 % y 82,6 %, respectivamente), no así en el monocultivo donde a pesar de ser mayor el porcentaje (10,8 %) de diferencia entre la profundidad de 0-10 cm y 10-20 cm. (tabla 1)

La causa más importante que favoreció la presencia de macroinvertebrados en los primeros

centímetros del suelo fué la presencia de la cobertura vegetal que hace un aporte de biomasa, disminuye la intensidad lumínica, el impacto de las gotas de lluvia y además regula la temperatura del suelo ofreciendo un medio estable para la vida de la fauna. Al sistema de monocultivo presentar una menor cobertura vegetal que los demás sistemas los organismos bajan en busca de condiciones idóneas para su sobrevivencia explicándose el mayor porcentaje de individuos en la profundidad de 10-20 cm en el sistema de monocultivo (49,6 %) en relación con el silvopastoreo (14,9 %) y a la asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas (8,7 %)

Las unidades taxonómicas estuvieron representadas por los órdenes Aplotaxida, Hymenoptera, Dermaptera, Isoptera, Collembola, Isopoda, Aracneae,

Tabla 2. Grupos taxonómicos encontrados en las áreas estudiadas

Phylum	Clase	Subclase	Orden
Annelida	Oligochaeta	-	Aplotaxida
Arthropoda	Insecta		Hymenoptera
			Demaptera
			Isoptera
			Collembola
	Miriapoda	Symphyla	
		Diplopoda	Julifomia
		Chilopoda	Scolopendromorpha
Crustacea		Isopoda	
Aracnida		Aracneae	
Molusca	Gasteropodos		

Scolopendromorfa, Juliformia, organismos de la clase Gasteropoda y Miriapoda (Subclase Symphila). (Tabla 2)

De estos los más representados fueron los órdenes Aplotaxida, lombriz de tierra; Hymenoptera, hormigas; Isoptera, termitas; y, por último, el orden Juliformia con los milpiés, los cuales constituyen especies de gran valor económico y ecológico pues se encuentran presentes los tres organismos considerados ingenieros del ecosistema (hormigas, lombriz de tierra y las termitas). Sobre estos organismos Jiménez *et al.*, 2002 expusieron que los mismos se distinguen por su capacidad de horadar el suelo y producir una gran variedad de estructuras órgano-minerales: deyecciones, nidos, montículos, macro-poros, galerías y cámaras. Se cree que la acción funcional de estas estructuras en el ecosistema es importante y que representan sitios en que ocurren algunos procesos pedológicos fundamentales, como la estimulación de la actividad microbiana, la formación de la estructura del suelo, la dinámica de la materia orgánica y el intercambio de agua y gas en el suelo. (Labelle *et al.*, 1994)

No dejan de tener importancia los milpiés que consumen grandes cantidades de hojas de poco valor nutritivo y excretan la mayoría de ellas relativamente sin ningún cambio físico pero muy fragmentadas, y por ello fácilmente aprovechables por los microorganismos. (Sánchez, y Reinés, 2001)

Indices ecológicos

Los sistemas con mayor cobertura vegetal y con asociaciones con gramíneas y leguminosas presentaron una mayor diversidad biológica y mayor equitatividad en la distribución de individuos por especie (tabla 3). Sánchez y Milera (1997), en estudios realizados concluyeron que la introducción de árboles en pastizales de gramíneas posibilita una mayor colonización de individuos pertenecientes a la macrofauna y crea condiciones

microclimáticas para la presencia de órdenes de gran importancia económica y ecológica.

Con este resultado igualmente se puede deducir que la presencia de gramíneas y leguminosas en los pastizales contribuye positivamente a la actividad biológica del suelo al haber una mayor diversidad de especies que participan en importantes procesos pedológicos. Por lo que una de las prácticas o técnicas que ayudan a mantener una población biológicamente diversa de organismos en el suelo es la de combinar el uso de una gran cantidad de diferentes fuentes de materiales orgánicos a partir de la presencia de diversas especies de plantas en el sistema de cultivo o pastoreo. (Altieri, 1997)

Al realizar un análisis de los valores (0,78, 0,63 y 0,52) de la diversidad biológica y (0,33, 0,30 y 0,26) de la equitatividad (tabla 3), se pueden considerar bajo. Esto está dado porque son sistemas antropizados agudizándose más en el monocultivo que es un sistema intensivo. Giller *et al.* (1997) refieren que los suelos tropicales son actualmente los más amenazados por los cambios ligados a una intensificación de la agricultura cuya secuela es la disminución de la biodiversidad. A esto también se debe sumar al efecto que ejerce el ganado con el pisoteo provocando la compactación de los suelos, transformando así sus propiedades físicas y por tanto el hábitat de las comunidades de macroinvertebrados existentes en el ecosistema. De esta forma se ven limitadas muchas especies al no poder sobrevivir en suelos con estas características.

Al comparar la similitud biológica de las áreas, las más similares resultaron ser contradictoriamente el sistema de silvopastoreo y el monocultivo (41,7 %) (tabla 3), pues tuvieron más especies en común entre ellas que con el sistema de asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas.

El coeficiente de comunidad entre las tres áreas

Tabla 3. Índice de Diversidad Biológica de Shannon y equitatividad de los sistemas

Sistemas	Diversidad Biológica	Equitatividad
Silvopastoreo	0,78	0,33
AGLH	0,63	0,30
monocultivo	0,52	0,26

fue bajo (18,7 %) (tabla 4), esto se debe a la diferencia de la cobertura vegetal en cada área tanto desde el punto de vista cuantitativo como cualitativo que influye en las condiciones de humedad, temperatura y en las propiedades físicas y químicas del suelo que constituyen el hábitat de estos organismos.

Tabla 4. Índice de Similitud Biológica y Coeficiente de Comunidad entre los sistemas

Sistemas	Similitud Biológica (%)	Coeficiente de Comunidad (%)
Silvopastoreo- AGLH	28,6	18,75
AGLH- Monocultivo	30,0	
Monocultivo- Silvopastoreo	41,7	

CONCLUSIONES

1. Se concluye que el sistema que más contribuyó a la biodiversidad de macroinvertebrados del suelo fue el silvopastoreo.
2. A la profundidad de 0-10 cm aparece un mayor número de unidades taxonómicas y de individuos totales en los tres sistemas ganaderos estudiados.
3. Se observó un bajo coeficiente de comunidad (18,7 %), lo que muestra poca relación entre los tres sistemas ganaderos estudiados en relación con la macrofauna del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

ALTIERI, M. A.: Agroecología: *Bases científicas para una agricultura sustentable*, tercera edición. CLADES, La Habana, Cuba, 249 pp., 1997.

ANDERSON, J. M. AND J. S. I. INGRAM: *Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods*. 2nd edition, CAB international, Wallingford, Uk. 221 pp., 1993.

ARARAT, M.C.; A. ARISTIZABAL Y M. PRAGER: Efecto de cinco manejos agoecológicos de un Andisol (Typic Dystrandep) sobre la macrofauna en el municipio Piendamó, departamento del Cauca, Colombia, 2002.

BEARE, M. H.; P. F. HENDRIX & D. C. COLEMAN: "Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils", *Soil Sci.*

Soc. Am. J. (58): 777-786, 1994.

DECAËNS, T.; P. LAVELLE; J. J. JIMÉNES; G. ESCOBAR AND G. RIPPSTEIN: "Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia. *Eur. J. Soil. Biol.* (30): 157, 1994.

GILLER, K. E.; M. H. BEARE; P. LAVELLE; A. M. N. ISSAC, AND M. J. SWIFT: "Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystems function", *Appl. Soil Ecol.* (6): 3-16, 1997.

JIMÉNEZ, J. J.; T. DECAËNS; R. J. THOMÁS Y P. LAVELLE: El arado natural: Un recurso natural aprovechable pero poco conocido, p. 4, 2002.

LAVELLE, P.: Faunal activities and soil processes: Adaptive strategies that determine ecosystems function. 15th World Congress of Soil Science, Vol.1: Inaugural and state of the art conferences, Acapulco, México, p. 189, 1994.

SALAZAR, ANA: El suelo como sistema ecológico. *Ecoportal_net.htm*, 2006.

SANCHEZ, SARAY Y MARTHA REINÉS: "Papel de la macrofauna edáfica en los ecosistemas ganaderos". *Rev. Pastos y Forrajes*. 24(203): 196-198, 2001.

STORK, M. E. AND P. EGGLETON: "Invertebrates as determinants and indicators of soil quality", *American Journal of Alternative Agriculture*. (7): 35, 1992.

Recibido: 20/Diciembre/2006

Aceptado: 12/Febrero/2007