

CARACTERIZACION DE LAS POBLACIONES DE LOMBRICES DE TIERRA EN UN SISTEMA DE AGRICULTURA ORGÁNICA UBICADO EN UNA SABANA EN EL AMAZONAS VENEZOLANO

EARTHWORMS CHARACTERIZATION IN A SAVANNA ORGANIC SYSTEM OF THE VENEZUELAN AMAZONIA

Yelinda Araujo y Danilo López-Hernández

Universidad Central de Venezuela, Instituto de Zoología Tropical, Laboratorio de Estudios Ambientales. Apartado Postal 47058, Caracas 1041-A. Venezuela.

E-mail: yelinda@inpa.gov.br; dlopez@strix.ciens.ucv.ve

RESUMEN

Las lombrices representan un grupo muy importante de la macrofauna del suelo. En los agroecosistemas, estos organismos están íntimamente involucrados con la incorporación y descomposición de los residuos de las cosechas y enmiendas orgánicas. En las cercanías de Puerto Ayacucho, Estado Amazonas, algunos productores han logrado establecer sistemas agroforestales en los suelos arenosos de sabana, mediante la aplicación de enmiendas orgánicas por más de veinte años. Como resultado de la fertilización orgánica, se ha modificado de manera relevante las características físicas, químicas y biológicas de estos suelos. En particular, se han incrementado los valores de humedad, pH, materia orgánica, nitrógeno y fósforo total en el sistema de agricultura orgánica con respecto a la sabana no intervenida. Igualmente, el uso de enmiendas orgánicas ha generado cambios en la fauna del suelo, en particular, el número y la biomasa de lombrices de tierra se han incrementado sustancialmente con relación a los suelos de sabanas, encontrándose 1,6 - 4,8 veces más lombrices en el sistema orgánico que en la sabana original. Sin embargo, como consecuencia de la perturbación de la sabana natural se ha generado una disminución en la riqueza, equidad y diversidad de lombrices en este sistema orgánico.

Palabras clave: lombrices, sabana, agricultura orgánica, Amazonas

ABSTRACT

Earthworms represent an important group in the pedofauna. In the agroecosystems, those organisms are intimately involved in the incorporation and decomposition of the organic amendments and plant residues. In the vicinity of Puerto Ayacucho, producers have established agroforestry systems after application of organic manure for more than twenty years. As a consequence of the organic amendments, the physical, chemical and biological characteristics of the soils have significantly changed, increasing soil moisture, pH, organic matter, total-N and P in the organic agriculture system. The use of organic amendments produced changes also in the soil fauna, in particular the density and biomass of earthworms, which increased substantially when compared with the native savanna. It was found that the density of earthworms in the organic system was 1,6-4,8 fold that of natural savanna. However, the family richness, evenness and diversity in earthworms decreased in the organic system.

Keywords: earthworms, savanna, organic agriculture, Amazonia

INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra modifican las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, principalmente a través de la apertura de túneles, la producción de mucus y deyecciones. Además,

participan en la descomposición de la materia orgánica al fragmentar e incorporar hojarasca dentro del suelo, activando de ese modo los procesos de mineralización y humificación (Lavelle *et al.* 1989). En los agroecosistemas, las lombrices de tierra están íntimamente involucradas con la incorporación y

descomposición de los residuos de las cosechas y las enmiendas orgánicas (Mackay y Kladvik 1985).

Si bien las comunidades de lombrices de tierra en zonas templadas han sido bien estudiadas, en las zonas tropicales se tiene menor información acerca de estos organismos. En Venezuela, los pocos estudios realizados en el área, se han desarrollado principalmente en ecosistemas de bosques, entre los que se encuentran las investigaciones de Németh y Herrera (1982). En suelos de sabanas, Ojeda (1995) y López-Hernández y Ojeda (1996) estudiaron el papel de las lombrices sobre la disponibilidad del fósforo en suelos ácidos arenosos. Así, es posible señalar que la información disponible en el país, sobre las comunidades de lombrices tanto en ecosistemas naturales como perturbados es muy escasa y dispersa.

Las sabanas venezolanas representan el 29% del territorio nacional y por lo general poseen suelos con una baja productividad y fertilidad natural (Ramia 1967). En el sur del país, las sabanas arenosas aledañas a Puerto Ayacucho son unas de las menos productivas del mundo, menor a 2 ton/ha por año (Guinand y Sánchez 1979). Por ello, en esta zona algunos productores han modificado los suelos de la sabana, por medio de la creación de pequeñas granjas agroforestales, en las que han combinado la diversidad de cultivos nativos con una alta variedad de árboles frutales tropicales. La principal entrada de nutrientes utilizada en estas granjas proviene de enmiendas orgánicas, en lugar de fertilizantes químicos (López-Hernández *et al.* 1997).

Debido al poco conocimiento que se posee sobre la macrofauna de los suelos del Amazonas y la importancia que en particular tienen los oligoquetos en la fertilidad edáfica, este estudio representa una inspección de las comunidades de lombrices de tierra en una sabana natural y un sistema agrícola orgánico implantado hace más de 25 años en las cercanías de Puerto Ayacucho, Estado Amazonas, Venezuela.

ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en un sistema de agricultura orgánica en sabana y la correspondiente sabana natural original, ambos ubicados al sur de Venezuela, en las cercanías de la ciudad de Puerto Ayacucho, Estado Amazonas (5° 45' N; 67° 33' O). La región presenta un clima con una marcada estacionalidad, la época de lluvia comienza

aproximadamente en abril y termina en noviembre, con una temperatura promedio anual de 26,5°C y precipitación total anual de 2338 mm respectivamente.

De acuerdo al USDA (1994), los suelos del área corresponden al grupo de los Typic Ustipsaments. Presentan una baja fertilidad natural, con pH ácidos, textura arenosa y drenaje externo muy rápido. Los muestreos se realizaron en la Granja Cachama (con un área menor a 5 ha), donde se ha aplicado a la sabana enmiendas orgánicas (gallinaza, cochinaza y restos de frutos) durante más de 25 años. Este sistema se denominó Agricultura Orgánica en Sabana (AOS). La vegetación del área ha sido intervenida al introducir cultivos tales como: *Capsium frutescens* (ají), *Musa sapientum* (cambur), *Citrus* sp. (cítricos) y *Mangifera indica* (mango), entre otros.

Se incluyó como control experimental la sabana natural aledaña a la granja llamada S, la cual posee un estrato herbáceo dominado por *Trachypogon plumosus* con una cobertura de aproximadamente 80-90%, con algunos pequeños árboles aislados de *Curatella americana* (Dilleniaceae) y *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae).

MATERIALES Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en el año 1994, durante el mes de agosto (máximo de lluvias). Se delimitaron 10 parcelas de 25x25x30 cm en cada lugar, tomadas a intervalos regulares de 10 m a lo largo de una transecta escogida al azar. Cada parcela en tres estratos de 10 cm de profundidad cada uno. La toma de las muestras se hizo de 6:30 a 9:30 am, las cuales son las horas más frescas del día, por lo que las lombrices deben encontrarse cerca de la superficie del suelo.

Se tomó una muestra de suelo en cada parcela para cada profundidad de suelo (para un total de 60 muestras), lo cual permitiría determinar algunas características importantes del entorno inmediato en el que se encuentran las poblaciones de lombrices. Se estimó la humedad del suelo (método gravimétrico), temperatura del suelo (geotermómetro), textura (análisis mecánico) y densidad aparente del suelo (método del hoyo en el campo), de acuerdo a Casanova (1991). Según Allen *et al.* (1974) se determinaron: pH (1:5 suelo:agua), contenido de materia orgánica determinada a través de pérdida por ignición (MO), N total determinado según el Método Kjeldahl (Nt) y P total (Pt) a través de una

Tabla 1. Parámetros físicos del suelo, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

	Sistema de Agricultura Orgánica (AOS)			Sabana Natural (S)		
	PROFUNDIDAD (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Temperatura (°C)	24,8 ± 0,7	25 ± 0,6	25 ± 0,6	25,3 ± 0,6	24,8 ± 0,7	25 ± 0
Humedad (%)	16,2 ± 2,2	11,4 ± 1,8	9,8 ± 3,2	8,9 ± 0,6	8,9 ± 0,2	9,1 ± 0,1
% Arena	86,7 ± 1,5	86 ± 2,8	85,3 ± 1,6	91,2 ± 1,1	89,6 ± 0,5	88,7 ± 1,2
% Arcilla	8,5 ± 0,7	10,3 ± 2,3	10,5 ± 1,8	7,5 ± 0,5	8,7 ± 0,7	9,3 ± 1,3
% Limo	4,8 ± 1,6	3,8 ± 1,4	4,3 ± 0,7	1,3 ± 0,9	1,7 ± 0,4	2,1 ± 0,2
Densidad Aparente (g ml⁻¹)	1,3 ± 0,003			1,4 ± 0,02		

Todos los valores presentan diferencias significativas (P<0,05) tanto para localidad como profundidad del suelo

digestión y posterior determinación colorimétrica por el método Murphy y Riley (1962).

Las lombrices se colectaron utilizando el método de extracción manual y de tamizado (Anderson e Ingram 1989). Las lombrices fueron separadas manualmente para cada profundidad del suelo. Una mejor inspección se realizó al pasar el suelo a través de un tamiz de 3 mm.

Las lombrices extraídas se fijaron y preservaron en formol al 10%. Los individuos fueron contados y pesados. La estimación del peso fue realizada en especímenes preservados y con contenido estomacal. Finalmente se determinó la densidad y biomasa por m² de superficie. Los especímenes fueron identificados por Drachemberg, C., utilizando las claves de Righi (1971).

Los valores de los parámetros de suelo, densidad y biomasa de lombrices fueron sometidos a análisis de varianza de 2 vías, para conocer si existían diferencias significativas en cuanto a las localidades y profundidad del suelo. Se determinó la riqueza de familias, especies (cuando fue posible), se calculó la equidad (E) (Bulla 1994) y los índices de diversidad de Shannon-Weaver (H') (Poole 1974) y Bulla (D) (Bulla 1994). Finalmente, se aplicó el Coeficiente de Correlación de Pearson (r), para investigar las relaciones entre las características del suelo y los datos poblacionales. Los datos fueron analizados utilizando el programa STATISTIC versión 3.1.

RESULTADOS

Cambios en los parámetros químicos y físicos del suelo

La evaluación de las variables edáficas permitió caracterizar el entorno inmediato en el que se encuentran las lombrices y detectó los cambios ocurridos en los suelos de los ambientes estudiados.

La información presentada en la Tabla 1 señala que los sistemas estudiados difieren significativamente. Según el análisis de varianza, todas los parámetros presentaron variaciones significativas (P< 0,05) con respecto a la localidad y profundidad del suelo. Se encontró una temperatura menor y un mayor contenido de humedad en AOS (24,7-24,9°C y 9,7-16,2% respectivamente) en comparación con la sabana (24,8-25,3°C y 8,9-9,1% respectivamente), lo cual se debe al efecto aislante que ofrece la capa de hojarasca sobre el suelo de éste sistema en el cual se han cultivado árboles frutales. La densidad aparente correspondiente al estrato de 0-10 cm del suelo del AOS fue ligeramente menor (1,27 g ml⁻¹) con respecto a la registrada en la sabana (1,42 g ml⁻¹). En ambas localidades los suelos poseen un alto contenido de arena en todos los estratos, siendo ésta proporción levemente mayor en la sabana control (89-91%).

En general todos los valores de los parámetros

LOMBRICES EN SABANA AMAZÓNICA

Tabla 2. Parámetros químicos del suelo, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

	Sistema de Agricultura Orgánica (AOS)			Sabana Natural (S)		
	PROFUNDIDAD (cm)					
	0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
pH	6,1 ± 0,3	5,7 ± 0,4	5,6 ± 0,5	4,7 ± 0,2	4,8 ± 0,1	4,6 ± 0,1
Materia Orgánica ($\mu\text{g MO g}^{-1}$)	36.500 ± 12.030	24.000 ± 6.146	6.000 ± 5.164	14.000 ± 4.595	19.500 ± 6.852	17.000 ± 6.325
Nitrógeno total ($\mu\text{g Nt g}^{-1}$)	1.200 ± 260	603 ± 144	359 ± 91	574 ± 147	435 ± 93	302 ± 75
Fósforo total ($\mu\text{g Pt g}^{-1}$)	584 ± 129	532 ± 116	440 ± 69	250 ± 95	195 ± 49	187 ± 23

Todos los valores presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) tanto para localidad como profundidad del suelo

químicos medidos (Tabla 2) tienden a ser significativamente superiores en el AOS ($36500 \text{ g MO g}^{-1}$, 1200 g Nt g^{-1} , 584 g Pt g^{-1}) con respecto a la sabana ($14000 \text{ g MO g}^{-1}$, 574 g Nt g^{-1} , 250 g Pt g^{-1}), además se encontró una disminución significativa de estos valores con la profundidad del suelo en ambas localidades. La acidez natural de la sabana ($\text{pH} = 4,6-4,8$) es neutralizada de manera relevante en el AOS ($\text{pH} = 5,6-6,1$) por los excrementos aplicados sobre éstos suelos, los cuales presentan materiales de naturaleza alcalina.

Composición de lombrices

La mayoría de los individuos identificados en AOS pertenecen a la familia Glossoscolecidae (Michaelsen 1928). En éste sistema se distinguieron las siguientes especies:

- *Onychochaeta* sp.
- *Goiascolex* sp.

- *Pontoscolex* sp. 1

- *Pontoscolex* sp. 2

En lo que concierne a la composición de las poblaciones de lombrices encontrada en la sabana, ésta incluye individuos pertenecientes a la familia Glossoscolecidae y a la familia Megascolecidae. Debido al estado inmaduro de todos los especímenes colectados, no fue posible identificar los géneros correspondientes.

Densidad y Biomasa

La densidad total de lombrices estimada para el AOS es de $155,2 \text{ ind. m}^{-2}$, mientras la biomasa total es de $18,6 \text{ g m}^{-2}$. En la sabana control la densidad y biomasa totales fueron $35,2 \text{ ind. m}^{-2}$ y $1,1 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente (Tabla 3). Estos resultados indican que AOS posee una densidad y biomasa de lombrices considerablemente mayor que la sabana control.

Tabla 3. Densidad (N m^{-2}) y biomasa (g m^{-2}) de lombrices en el Sistema de Agricultura Orgánica en Sabana (AOS) y la Sabana Natural (S), Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

Parámetro	Localidad	Profundidad (cm)			
		0-10	10-20	20-30	0-30
Densidad (N m^{-2})	AOS	145,6	8,0	1,6	155,2
	S	30,4	4,8	-	35,2
Biomasa (g m^{-2})	AOS	17,46	1,17	0,23	18,6
	S	0,65	0,44	-	1,09

Tabla 4. Riqueza de familias, Equidad (E) e Índices de Diversidad de Bulla (D) y de Shannon-Weaver (H') en el Sistema de Agricultura Orgánica (AOS) y la Sabana Natural (S), Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

INDICES	AOS	S
Número de Familias	2	3
E	0,08	0,27
D	0,16	0,82
H'	0,17	0,58

Distribución vertical

La estratificación de las lombrices con la profundidad en ambas localidades presenta patrones semejantes (Tabla 3). La mayoría de los individuos se encuentran concentrados en los primeros 10 cm del suelo y su número y biomasa se reducen en los estratos más profundos, estando casi ausentes a los 30 cm.

Riqueza, Equidad y Diversidad

Se evaluaron la riqueza de familias, la equidad y la diversidad de los grupos de lombrices (Tabla 4). Los valores de estos índices indican que la sabana presenta más grupos de lombrices (dos familias), tiene una equidad mayor y es más diversa (H'=0,58; D=0,82) que el AOS (una familia; H'=0,17; D=0,16), respectivamente.

Correlaciones entre la densidad y biomasa de lombrices y los parámetros del suelo

Los resultados de los Coeficientes de Correlación de Pearson (r) en el Sistema de Agricultura Orgánica (AOS) (Tabla 5), señalan correlaciones significativas (P< 0,05) y positivas entre la densidad y biomasa de lombrices con la humedad del suelo (r=0,62 y r=0,73 respectivamente), la materia orgánica (r=0,52 y r=0,63) y el pH (r=0,43 y r=0,45). En adición, estos parámetros están interrelacionados entre ellos, por ejemplo, la humedad y la materia orgánica, r=0,57; el pH y la materia orgánica, r=0,45.

Con respecto a la sabana (Tabla 5), la biomasa de lombrices no presentó correlaciones significativas con los parámetros del suelo evaluados. La densidad de lombrices fue correlacionada positivamente con la humedad

Tabla 5. Coeficientes de Correlación de Pearson entre la densidad promedio, biomasa promedio y los parámetros del suelo en el Sistema de Agricultura Orgánica en Sabana (AOS) (diagonal superior) y la Sabana Natural (diagonal inferior) p<0,05*, Noroeste del estado Amazonas, Venezuela.

	Densidad	Biomasa	Humedad	Temperatura	Arena	Arcilla	Limo	M. O.	pH
Densidad	-	0,81*	0,62*	-0,16	0,33	-0,36	0,01	0,52*	0,43*
Biomasa	0,69*	-	0,73*	-0,03	0,35	-0,35	-0,04	0,63*	0,45*
Humedad	0,65*	0,21	-	-0,01	0,36*	-0,47*	0,12	0,57*	0,31
Temperatura	0,64*	0,21	0,99*	-	-0,36	0,17	0,31	0,09	-0,03
Arena	0,54*	0,26	0,71*	0,68*	-	-0,79*	-0,41*	0,05	-0,01
Arcilla	-0,41*	-0,16	-0,63*	-0,62*	-0,89*	-	-0,23	-0,29	-0,03
Limo	-0,48*	-0,28	-0,48*	-0,42*	-0,64*	0,23	-	0,35	0,07
M.O.	-0,22	-0,06	-0,35	-0,33	0,08	-0,09	-0,01	-	0,45*
PH	-0,07	-0,11	-0,07	-0,05	0,06	-0,12	0,06	-0,06	-

($r=0,65$); temperatura ($r=0,64$) y la cantidad de arena del suelo ($r=0,54$); y negativamente con la proporción de arcilla y limo ($r= -0,41$ y $r= -0,48$ respectivamente). Estos parámetros también están relacionados entre sí, por ejemplo, la humedad y la temperatura, $r=0,99$.

DISCUSIÓN

La aplicación de enmiendas orgánicas ha introducido cambios notables en las características físicas y químicas de los suelos de sabana. Así, se ha mostrado que el manejo de la materia orgánica en los suelos de sabana ha modificado notablemente las poblaciones de lombrices estimadas, encontrando 1,6-4,8 veces más lombrices en AOS que en la sabana original. Al comparar los estudios de densidad y biomasa de este estudio con los valores encontrados por Németh y Herrera (1982) en un Bosque Tropical en San Carlos de Río Negro, Venezuela ($33-68 \text{ n m}^{-2}$ y $9-16 \text{ g m}^{-2}$) y por Lavelle (1978) en una sabana de la Costa de Marfil ($91-400 \text{ n m}^{-2}$ y $13-54 \text{ g m}^{-2}$), se observa que estos resultan considerablemente superiores a los estimados en la sabana de estudio (35 n m^{-2} y $1,1 \text{ g m}^{-2}$). En cuanto a los sistemas orgánicos, los estudios de Werner y Dindal (1989) en USA ($0-125 \text{ n m}^{-2}$ y $1-44 \text{ g m}^{-2}$) y de Anderson (1983) en Asia ($185-226 \text{ n m}^{-2}$ y $23-31 \text{ g m}^{-2}$), presentan resultados similares a los estimados en la AOS estudiada (155 n m^{-2} y $18,9 \text{ g m}^{-2}$).

La estratificación vertical de las lombrices presentó un patrón semejante tanto en AOS como en S. Así, la mayoría de individuos se encuentran concentrados en los primeros 10 cm del suelo y su número y biomasa se reduce en los siguientes estratos. Esta situación es asociada a la mayor disponibilidad de recursos (materia orgánica, oxígeno, agua) que se presentan en la superficie del suelo. El suelo del AOS presenta una gran heterogeneidad espacial. En éste, las enmiendas orgánicas se han aplicado superficialmente y no han sido homogéneamente repartidas (tanto en profundidad como espacialmente), por lo que es probable que las poblaciones de lombrices se encuentren agregadas en los sitios de concentración de material orgánico, ya que este es una fuente de alimento comúnmente ingerido por estos organismos (Lee 1985). En la sabana, las condiciones del suelo son menos variables con la profundidad, pero los parámetros microclimáticos adversos y la pobreza de recursos (suelos ácidos, bajos en nutrientes,

menor humedad y la escasa o ausente hojarasca) limitan la distribución de los organismos en el perfil. Paoletti (com. pers.) sugiere que en este tipo de sabanas las lombrices se encuentran agregadas en las raíces de las gramíneas y en los pequeños árboles presentes.

La menor riqueza, equidad y diversidad de lombrices encontrada en AOS, podría ser consecuencia de los cambios que se han producido en el suelo por la aplicación de excrementos y las perturbaciones ocasionadas por los cultivos, lo cual ha variado las condiciones microclimáticas del suelo y los recursos alimenticios naturales. Esto pudo provocar la desaparición de especies, posiblemente por exclusión competitiva, permaneciendo y estableciéndose aquellas que mejor se han adaptado a las nuevas condiciones. Estas pocas especies son las que incrementan la densidad y biomasa en AOS, debido a la mayor abundancia de recursos alimenticios y los cambios en el microclima del AOS.

Las correlaciones entre los parámetros poblacionales y los factores del suelo estudiados, sugieren que la densidad y biomasa de lombrices en el AOS pueden estar limitadas por el contenido de alimento, representado por la materia orgánica del suelo, la humedad y el pH. Mientras en la sabana, la densidad de lombrices puede estar condicionada primordialmente por los parámetros físicos del suelo, como la textura, la temperatura y el contenido de humedad. En ambos sistemas, la humedad del suelo representa un factor limitante de las poblaciones de lombrices.

Guerra (1994), en estudios sobre comunidades de lombrices en un bosque secundario y un pastizal en Brasil, concluye que la humedad del suelo es el factor que condiciona el aumento en la abundancia y el ritmo de las actividades vitales de las especies *Chibui bari* y *Rhinodrilus curiosus*. El autor sugiere además que este incremento no sólo se atribuye a la mayor disponibilidad de humedad en el suelo en la estación lluviosa, sino también, a la rápida descomposición de la hojarasca en ésta estación.

Este trabajo muestra que los cambios producidos en el suelo por el aporte orgánico han originado condiciones más favorables para algunos grupos de lombrices de tierra, lo cual podría sugerir que se han generado cambios en componentes de la biofertilidad del suelo (Hernández-Valencia *et al.* en este volumen). Estos resultados enfatizan la importancia del manejo apropiado de la materia

orgánica y la relevancia de las lombrices en dichos agroecosistemas, promoviendo su utilización como una práctica agroecológica ligada a los esquemas de bajos insumos. Como consecuencia de ello se espera que se genere una mayor sostenibilidad de estos sistemas agrícolas, reduciendo de ese modo el uso de fertilizantes inorgánicos y el impacto ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto RP VII 290089 sobre la Agricultura de Bajos Insumos en el Ecotono Sabana-Bosque como medio para reducir la presión sobre la Selva Tropical Húmeda, financiado por el CONICIT. Se agradece la colaboración técnica prestada por el Ing. Frans Torres, la Lic. Lyli Flores y el Sr. Francisco Tovar y la amabilidad del Sr. Carlos Drachemberg por la identificación de los individuos.

LITERATURA CITADA

- ALLEN, S. E., H.M. GRIMSHAW, J.A. PARKINSON y C. QUARMBY (eds). 1974. Chemical Analysis of Ecological Materials. Black Weel. Scien. Publi. London.
- ANDERSON, N.C. 1983. Nitrogen turnover by earthworms in plots treated with farmyard manure and slurry. Pp.139-150, *in*: Satchell, J.E. (ed.). Earthworm ecology: from Darwin to Vermiculture Chapman & Hall, London.
- ANDERSON, J.M. y J.S. INGRAM (eds). 1989. Tropical Soil Biology and Fertility: A handbook of methods. CAB International, Wallingford, U.K. London.
- BULLA, L. 1994 . An index of evenness and its associated diversity measure. *Oikos* 70(1):167-171.
- CASANOVA, O. E. 1991. Introducción a la Ciencia del Suelo. U.C.V. Fac. Agronomía. CDCH. Litopar, C.A.
- GUERRA, R. T. 1994. Sobre a comunidade de minhocas (Annelida, Oligochaeta) do Campus da Universidade Federal do Acre, Rio Branco, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia* 54(4):593-601.
- GUINAND, E. y SANCHEZ, P. 1979. Productividad primaria, fenología y composición florística de un tipo de sabana situada en el Territorio Federal Amazonas. Trabajo de Gardo, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
- HERNANDEZ-VALENCIA, I. A., Y. LÓPEZ y D. LÓPEZ-HERNÁNDEZ. 1999. Cambios en los contenidos nutricionales en suelos arenosos de sabanas del amazonas bajo fertilización orgánica prolongada. *Ecotropicos* 12(1):9-14
- LAVELLE, P. 1978. Les vers de terre de la savanne de Lamto (Cote D'Ivoire): Peuplements, populations et fonctions dans l'écosysteme. These Doctorat, Paris VI. Publi. Lab. Zool. N.S. 301 pp.
- LAVELLE, P., I. BAROIS, A. MARTÍN, Z. ZAIDI y R. SCHAEFER. 1989. Management of earthworm populations in agroecosystems: A possible way to maintain the soil quality?. Pp 109-122, *in*: Clarholm, M. y Bergstroma, L. (eds.). Ecology of Arable Land Kluiven, Stockholm.
- LEE, K. E. 1985. Earthworms: Their ecology and relations with soil and land use. Academic Press.
- LÓPEZ-HERNANDEZ, D. y A. OJEDA. 1996. Alternativas en el manejo ecológico de los suelos de las sabanas del norte de Suramérica. *Ecotropicos* 9(2): 99-115.
- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D., M.P. GARCIA-GUADILLA, F. TORRES, P. CHACÓN y M.G. PAOLETTI. 1997. Identification, characterization and preliminary evaluation of Venezuelan Amazonian production systems in Puerto Ayacucho savanna-forest ecotone. *Interciencia* 22: 307-314.
- MACKAY, A. D. y E.J. KLADIVKO. 1985. Earthworms and rate of breakdown of soybean and maize residues in soils. *Soil Biological Biochemistry* 17(6): 851-857.
- MARSHALL, T. J. y J.W. HOLMES. 1979. Soil Physics. University Press, Cambridge.
- MURPHY, J. y J. RILEY. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analitical Chimica Acta* 27:31-36.
- NEMETH, A. y R. HERRERA. 1982. Earthworm populations in Venezuelan tropical rain forest. *Pedobiologia* 23:437-443.
- LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D y A. OJEDA. 1996. Alternativas en el manejo ecológico de los suelos de las sabanas del norte de suramérica. *Ecotropicos* 9(2): 99-115.
- OJEDA, A. 1995. Transformaciones del fósforo orgánico en un suelo ácido de sabana, sometido a distintas alternativas de manejo agroecológico. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela. Caracas.
- POOLE, R. W. 1974. An introduction to Quantitative Ecology. 2ª edición. Mc. Graw Hill.
- RAMIA, M. 1967. Tipos de sabanas en los Llanos de Venezuela. *Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales*. 112:264-288.
- RIGHI, G. 1971. Sobre a Familia Glossoscolecidae (Oligochaeta) no Brasil. *Arquivos de Zoologia do Estado de São Paulo* 20(1):1-96.
- USDA. 1994. Reference to Soil Taxonomy. 6ta. Ed. Washington D.C. USA.
- WERNER, M.R. y D.L. DINDAL. 1989. Earthworm community dynamics in conventional and low-input agrosystems. *Review of Ecological Biology Society* 26(4):427-437.

Recibido: junio de 1998; aceptado: julio de 1999