

Características bio-ecológicas en poblaciones de lombrices (Oligochaeta: Glossoscolecidae) de una sabana natural y una protegida en los llanos centrales de Venezuela

Luis Hernández¹, Alonso Ojeda² & Danilo López-Hernández³

Universidad Central de Venezuela. Instituto de Zoología y Ecología Tropical. Laboratorio de Estudios Ambientales. Apdo. 47058. Caracas 1041-A, Venezuela; hglm72@hotmail.com, aojeda@ciens.ucv.ve, dlopez@ciens.ucv.ve

Recibido 26-VII-2011. Corregido 30-II-2012. Aceptado 28-III-2012.

Abstract: Bioecological characteristics of earthworm populations (Oligochaeta: Glossoscolecidae) in a natural and a protected savanna in the central Llanos of Venezuela. In tropical savannas, the earthworm communities have a predominant role since they regulate the soil structure and dynamics of the organic matter. To study the effect on earthworm populations in two differently managed savannas, we compared the general aspects of the biology and ecology of earthworm populations from a 40 years protected savanna (SP) with no fire or cattle raising at the Estación Biológica de los Llanos, Venezuela (EBLL), and a natural savanna (SNI), under normal burning and cattle raising management conditions. Sampling was carried out at the end of the dry season (April), and at the peak of the wet season (July-August). The main physical properties of soils per system were estimated. In each system, in plots of 90x90m, five fixed sampling units were selected at random; and at each sampling point one soil monolith of 25x25x30cm was collected per unit. Earthworms were extracted using the hand sorting extraction method; and the flotation method was used to estimate the density of cocoons. The earthworms were classified in different ecological categories considering their pigmentation, size and depth profile distribution. As a result of the savanna protection, physical parameters were modified in relation to SNI. The SP soils had higher soil moisture when compared to SNI. Soil moisture varied with depth during the dry season since, after the start of the rainy season, the soil was saturated. Field capacity in the SP was greater than that in the SNI. The surface apparent bulk density of soil was lower in the SP respect SNI, reflecting a lower soil compaction. Total average for the density and biomass of earthworms differed greatly, showing higher values in the SP. The earthworm density average in SP ranged between 25.6-85 individuals/m² and the average biomass between 6.92-23.23g/m². While in SNI, earthworms were only found in August, with a mean density of 22.40 individuals/m² and a mean biomass of 5.17g/m². The vertical distribution pattern was only analyzed for the SP, and as in the SNI, no earthworms were found during the dry season; in the SP, a migration of earthworms to deeper layers during the dry season was observed; while in the rainy season they moved to upper soil layers to feed. The systems were characterized by abundance in juvenile Glossoscolecidae family earthworms which might be included in the endo-anecic ecological category. Results suggest that savanna agricultural management can modify an important fraction of pedofauna, particularly their earthworm communities, by modification of soil properties. *Rev. Biol. Trop.* 60 (3): 1217-1229. Epub 2012 September 01.

Key words: earthworms, savanna, macrofauna.

Las sabanas tropicales presentan condiciones físico-químicas ideales (temperatura, humedad, precipitación, radiación, pH, contenido de materia orgánica, entre otros) para que se desarrolle en el entorno planta-suelo una prolífica actividad biológica, por lo que suelen ser ambientes apropiados para el desarrollo de importantes comunidades de invertebrados,

cuyas actividades modifican distintas propiedades y procesos en los suelos (Lal 1988). Dentro de estas comunidades de organismos, el grupo que tiene mayor efecto en la modificación de las propiedades físico-químicas y biológicas de los suelos lo constituye la macrofauna y megafauna, que comprende a todos los animales con tamaños entre 2-20mm y superior a 20mm,

respectivamente, entre los que se incluyen isópodos, anfípodos, quilópodos, diplópodos, coleópteros, arácnidos y lombrices de tierra.

Decaëns *et al.* (2004) señalan que las lombrices de tierra y las termitas pueden llegar a aportar hasta el 70% de la biomasa de invertebrados. De hecho, en muchas sabanas tropicales las comunidades de lombrices de tierra tienen en particular un papel predominante, siendo reguladoras importantes en la estructura del suelo y la dinámica de la materia orgánica. Entre los efectos beneficiosos de las lombrices se incluyen: la mejora de algunas propiedades físicas del suelo como: la estructura, la turbación, la capacidad de retención de agua, el drenaje y la formación y degradación de agregados (Blanchart *et al.* 1993, Blanchart *et al.* 1999), así como efectos químicos y biológicos en la degradación de la materia orgánica y ciclado de nutrientes, y en la composición y la actividad de los microorganismos y de otros invertebrados del suelo (Lavelle & Spain 2001). Todos estos procesos contribuyen de forma significativa a la fertilidad del suelo mediante la liberación de nutrientes (P y N) en formas disponibles para las plantas (López-Hernández *et al.* 1993, Chaoui *et al.* 2003, Jiménez *et al.* 2003, Baker 2007, Quintero 2008), favoreciendo así el crecimiento vegetal y la productividad de los cultivos. Desde el punto de vista ecológico las lombrices se clasifican en tres categorías (Bouché 1977), atendiendo básicamente a sus estrategias de alimentación y formación de galerías:

Epigéicas: Son aquellas lombrices que habitan en la superficie del suelo y se alimentan de la hojarasca. Son muy móviles y presentan musculatura excavadora poco desarrollada.

Anécicas: Se alimentan de hojarasca, la cual mezclan con el suelo de los horizontes superiores. Se refugian en túneles verticales semipermanentes que cavan dentro del suelo. Son pigmentadas en la parte anterior del cuerpo y suelen ser marrón oscuro, son grandes con fuerte musculatura anterior.

Endogéicas: Viven dentro del suelo y se alimentan de materia orgánica, además de raíces vivas o muertas, tienen musculatura excavadora bien desarrollada. De acuerdo al uso de recurso se pueden clasificar en: polihúmicas, mesohúmicas y oligohúmicas.

Las sabanas de la región central de Venezuela se caracterizan por su baja productividad y fertilidad natural (Hernández Valencia & López-Hernández 1999), por lo que presentan un manejo de ganadería extensiva asociado a las quemadas permanentes. La Estación Biológica de los Llanos, ubicada en Calabozo, estado Guárico, se caracteriza por haber sido protegida del fuego, pastoreo y cultivo desde el año 1960. Sin embargo, en los últimos años la vigilancia ejercida sobre la instalación no ha podido impedir que ocasionalmente ocurran quemadas dentro del área. Como resultado del periodo de protección, ha proliferado el componente leñoso (San José & Fariñas 1991) y han mejorado las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (López-Hernández *et al.* 2008). El conocimiento existente sobre la biología y la ecología de las lombrices de tierra en esta región es escaso, además la marcada estacionalidad climática puede limitar la actividad de las lombrices de tierra a la época húmeda, como lo señalan Lavelle (1983) y Jiménez *et al.* (1998) en ecosistemas de sabanas tropicales. Es por ello que el objetivo principal del presente trabajo consistió en examinar los aspectos generales de la biología y la ecología de las lombrices de tierra en la sabana protegida (SP) de la quema y el pastoreo de la EBLL en comparación con una sabana natural intervenida (SNI) adyacente a la EBLL.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Descripción del sitio: El estudio se realizó en la EBLL situada aproximadamente a 12km al sureste de la ciudad de Calabozo (8°51.566' N - 67°22.566' W), estado Guárico: comprende un área de aproximadamente 250ha y desde su creación en 1960 ha estado protegida de la quema y el pastoreo. El clima es megatérmico (Aw) con un periodo lluvioso que se inicia en

mayo y finaliza en noviembre. Los promedios anuales de precipitación y temperatura son 1364mm y 26.7°C, respectivamente.

El suelo se caracteriza por la presencia de una coraza laterítica cercana a la superficie que modula la distribución de la vegetación (San José & Fariñas 1983). Los minerales más frecuentes son del tipo caolinítico (López *et al.* 1971). Según Hernández Valencia & López-Hernández (1999) el suelo se identificó como haplustox, plano, bien drenado, moderadamente ácido y de baja fertilidad natural. La textura está entre franco-arenoso y areno-arcilloso. El componente herbáceo está constituido principalmente por gramíneas pertenecientes al género *Trachypogon* sp., mientras que el componente arbóreo está formado mayoritariamente por *Curatella americana*, *Bowdichia virgilioides* y *Byrsonima crassifolia*.

En el presente trabajo se definieron dos áreas experimentales en sabana con fuertes contrastes en su forma de manejo: una sabana protegida de las quemadas anuales y del pastoreo por más de cuarenta años (SP), y una sabana

natural intervenida (SNI), ubicada al lado de la EBLL (Fundo “La Matica”), que se presenta en la figura 1. La SNI presenta una tasa de pastoreo de aproximadamente 0.16 animales/ha, además de estar sometida a quemadas recurrentes.

Muestreo: El muestreo se realizó en abril de 2009, época de sequía, y en julio y agosto, época de lluvia. En cada sistema se delimitó un área de 90x90m que fue dividida en parcelas regulares de 10x10m, obteniendo un total de 81 unidades de muestreo. Se seleccionaron al azar cinco unidades de muestreo, las cuales permanecieron fijas, y en cada mes de muestreo se procedió a tomar en cada sistema un monolito de 25cm²x30cm por cada unidad seleccionada, obteniendo un total de cinco monolitos por sistemas por mes de muestreo.

Para estudiar la distribución vertical de las lombrices de tierra, cada monolito se dividió en tres estratos de 10cm de profundidad. Las lombrices de tierra se extrajeron usando el método de extracción manual (Anderson & Ingram 1989), se fijaron en formol al 10% durante dos

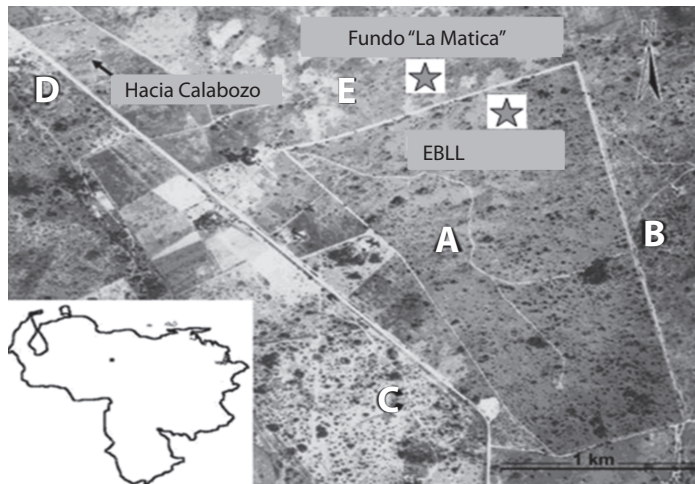


Fig. 1. Localización de la Estación Biológica de los Llanos en Venezuela, EBLL (SP) y de cuatro parcelas adyacentes. (A) EBLL protegida contra el fuego y pastoreo. (B) “La Madera”, cultivo agrícola fertilizado, ganadería intensiva y quemadas anuales. (C) rancho “Los Aceititos”, ganadería intensiva y quemadas anuales. (D) Granja “Mi Llanura”, cultivo no pastoreado y baja frecuencia de quema. (E) Fundo “La Matica”, SNI (Adaptado de Silva *et al.* 2001).

Fig. 1. Location of Estación Biológica de los Llanos in Venezuela, EBLL (SP) and of four adjacent plots. (A) EBLL protected from fire and cattle raising. (B) “La Madera”, fertilized farm, intensive cattle raising and annual fires. (C) rancho “Los Aceititos”, intensive cattle raising and annual fires. (D) Granja “Mi Llanura”, without cattle raising and frequently fire. (E) Fundo “La Matica”, SNI (Modified from Silva *et al.* 2001).

días y luego se conservaron en alcohol etílico al 70%. Luego de la fijación se determinó la biomasa y la densidad de los oligoquetos (las determinaciones de biomasa en la época de lluvia se realizaron incluyendo el contenido intestinal, ya que muchos individuos presentaron heridas asociadas al proceso de extracción y no fue posible mantenerlos vivos hasta el laboratorio). Para estimar la densidad de los capullos de lombrices de tierra se empleó el método de flotabilidad (Raw 1960). El muestreo de capullos se realizó sobre el total de los estratos de suelo obtenidos para la toma de lombrices y posteriormente al muestreo manual de oligoquetos.

Se consideraron tres clases de etapas de desarrollo: capullos, jóvenes y adultos (cliteldos). Los individuos se clasificaron en categorías ecológicas según su pigmentación, tamaño y ubicación en el perfil del suelo.

Se registraron algunos parámetros físicos en los sitios de muestreos de las lombrices de tierra y a diferentes profundidades. La humedad del suelo se determinó por el método gravimétrico (Casanova 2005). La capacidad de campo se determinó mediante el método establecido por Anderson & Ingram (1989) y la temperatura con geotermómetros ubicados en cada profundidad de muestreo. Para determinar la densidad aparente se utilizó el método del hoyo en el campo (Anderson & Ingram 1989), no obstante, debido a la recurrencia de las lluvias, para el mes de agosto no se pudo determinar esta medición.

Existen dos métodos principales para la determinación de la textura del suelo en el laboratorio: el método de la pipeta (Soil Survey Staff 1996) y el método del hidrómetro (Bouyoucos 1962).

El primero permite determinar el porcentaje de arena, arcilla, limo y diferentes fracciones de arenas, mientras que el segundo permite identificar de forma aproximada el porcentaje de arena, arcilla y limo, las cuales son suficientes para determinar posteriormente la clase textural. En este estudio se empleó el método del hidrómetro, el cual es suficiente para establecer relaciones entre los factores biológicos y la textura del suelo.

Para evaluar las diferencias entre los distintos sistemas, profundidades de muestreo y épocas de muestreo se realizó un análisis de varianza de dos factores (ANOVA). En este estudio las muestras fueron tomadas en unidades de suelo diferentes y lo suficientemente alejadas, constituyendo pseudo réplicas. Como el tipo de contraste no fue planeado consideramos un método conservador para evaluar el factor que aportó la variación. El propósito fue disminuir la probabilidad de cometer error tipo I y detectar sólo diferencias verdaderamente significativas, es por ello que se utilizó la prueba HSD-Tukey, teniendo en cuenta los supuestos necesarios, los cuales son: muestras de igual tamaño para los diferentes tratamientos, homogeneidad de varianzas y distribución normal de las poblaciones. Esta prueba utiliza el estadístico t de student estandarizado y corrige el error estándar con un cociente, lo que aumenta el valor crítico del estadístico para la toma de decisión. Los análisis se realizaron empleando el paquete estadístico SPSS 13.0 tomando un nivel de significancia $p < 0.05$.

RESULTADOS

Análisis de suelo: En el mes de sequía no se observó diferencias entre los valores promedios de temperatura del suelo entre la SP y SNI ($F=0.21$, $p=0.64$) (Cuadro 1). Sin embargo, para una misma localidad, los valores de temperatura variaron entre las diferentes profundidades, siendo mayor en la zona más profunda ($F=5.61$, $p < 0.05$). En este mes se registraron los mayores valores de temperatura del suelo.

Durante los meses de lluvia las condiciones cambiaron y se observaron diferencias entre los valores promedios de temperatura para la SP y la SNI ($F=173.4$, $p < 0.05$), siendo la SNI la que presentó los mayores valores de temperatura para el mes de julio, mientras que la SP presentó los mayores valores de temperatura para el mes de agosto. Adicionalmente, durante estos meses, los valores de temperatura presentaron una tendencia de incremento con la profundidad ($F=20.26$, $p < 0.05$), excepto para el mes de agosto en la SP donde no se observó

CUADRO 1
Características físicas del suelo

TABLE 1
Soil physical characteristics

Parámetro	Mes	SP			SNI		
		0-10	10-20	20-30	0-10	10-20	20-30
Temperatura (°C)	Abril	29.2 (±0.57) a, D	29.3 (±0.67) a, D	30.3 (±1.48) b, D	29.4 (±0.42) a, D	29.4 (±0.55) a, D	30.4 (±0.55) b, D
	Julio	25.30 (±0.27) a, D	25.90 (±0.22) b, D	26.30 (±0.27) b, D	27.00 (±0.35) a, F	27.60 (±0.55) ab, F	28.00 (±0.35) b, F
	Agosto	25.90 (±0.65) a, D	25.80 (±0.57) a, D	26.50 (±0.27) a, D	24.54 (±0.35) a, F	24.50 (±0.50) a, F	25.10 (±0.22) b, F
Humedad (%)	Abril	2.31 (±1.77) a, D	4.35 (±1.92) b, D	5.29 (±1.16) b, D	1.79 (±1.66) a, D	4.56 (±1.08) b, D	5.80 (±0.66) b, D
	Julio	14.35 (±1.77) a, D	11.36 (±0.91) a, D	10.01 (±2.66) b, D	10.27 (±1.09) a, F	9.04 (±1.77) a, D	11.09 (±1.42) a, D
	Agosto	17.58 (±2.34) a, D	15.80 (±1.11) a, D	15.29 (±1.18) a, D	13.14 (±1.94) a, F	12.21 (±2.05) a, F	11.97 (±1.02) a, F
Capacidad de campo (% peso)	Agosto	16.4 (±0.6) D	-	-	14.1 (±0.6) F	-	-
Densidad aparente (g/cm ³)	Abril	1.37 (±0.06) D	-	-	1.84 (±0.38) F	-	-
	Julio	1.60 (±0.07) D	-	-	1.86 (±0.04) F	-	-
Arena (%)	Abril	76.6 (±4.96) a, D	71.7 (±4.70) a, D	72.4 (±5.23) a, D	79.6 (±2.24) a, D	74.5 (±3.35) b, D	71.6 (±4.00) b, D
Arcilla (%)		12.1 (±4.61) a, D	14.6 (±3.73) a, D	14.6 (±3.36) a, D	8.9 (±1.66) a, D	13.6 (±2.25) b, D	15.0 (±3.26) b, D
Limo (%)		11.3 (±6.43) a, D	13.8 (±2.61) a, D	13.0 (±3.18) a, D	11.5 (±0.61) a, D	11.9 (±1.24) a, D	13.4 (±0.96) b, D
Textura		FA	FA	FA	AF	FA	FA

SP=Sabana Protegida, SIN=Sabana Natural Intervenido.

SP=Protected Savanna, SNI= Managed Natural Savanna.

Letras diferentes indican diferencias significativas (p<0.05). Letras minúsculas indican diferencias entre profundidad y letras mayúsculas diferencias entre sistemas. Different letters indicate significant differences (p<0.05). Small letters indicate significant difference between depth and capital letters indicate significant difference between systems.

diferencia en los cambios de temperatura entre las diferentes profundidades.

No se encontró diferencias en los porcentajes de humedad del suelo de la SP y la SNI en periodo de sequía ($F=0.015$, $p=0.9$) (Cuadro 1), pero se observaron valores diferentes para un mismo tipo de sabana entre las capas superiores de suelo y la más profunda ($F=15.34$, $p<0.05$).

La humedad del suelo presentó variaciones estacionales con valores mayores en la época de lluvia, acorde a lo esperado. En julio, sólo las primeras capas del suelo en la SP y la SNI presentaron diferencias significativas en los porcentajes de humedad ($F=8.08$, $p<0.05$). No obstante, una vez iniciadas las lluvias regulares en agosto se observaron diferencias entre los porcentajes de humedad promedio para las diferentes capas del suelo de la SP y la SNI ($F=37.47$, $p<0.05$), siendo la SP la que presentó los mayores valores de porcentaje de humedad. Los sistemas no presentaron diferencias entre profundidades ($F=2.89$, $p=0.07$).

Los valores de capacidad de campo presentaron diferencias significativas entre la SP y la SNI, siendo mayor en la SP que en la SNI ($p<0.05$). Adicionalmente, cabe destacar que el valor de porcentaje de humedad promedio en la SP excedió la capacidad de campo debido a la recurrencia de las lluvias para este mes, la cual no permitió que el agua permeara en el tiempo suficiente mientras se tomaron las muestras.

La densidad aparente en el horizonte superficial (0-10cm) presentó variaciones significativas ($p<0.05$) siendo menor en la SP que en la SNI (Cuadro 1). La baja densidad aparente en la SP en comparación con la densidad aparente de la SNI refleja que la SP tiene un menor grado de compactación del suelo.

Los sistemas fueron similares en cuanto al contenido de tamaño de partículas; arena, arcilla y limo ($0.11<F<1.17$), sin embargo, se observó una tendencia de incremento de partículas finas en la SNI con la profundidad ($4.92<F<6.02$, $p<0.05$). La clase textural predominante fue del tipo franco-arenosa (FA), excepto la capa (0-10cm) en la SNI que fue areno-francosa (AF).

Densidad y biomasa de lombrices de tierra: Todos los individuos recolectados pertenecieron a la familia Glossoscolecidae. Se observaron dos morfotipos diferentes y ambos se ajustan a las características descritas para el género *Aicodrilus*. La densidad promedio total de lombrices de tierra para la SP fluctuó entre 25.6-85 individuos/m², mientras que la biomasa total promedio estimada varió entre 6.92-23.23g/m². En la SNI sólo se encontraron lombrices de tierra en agosto, pudiéndose estimar una densidad total promedio de 22.40 individuos/m², mientras que la biomasa total promedio asociada a este sistema fue 5.17g/m² (Fig. 2). El promedio total de la densidad y la biomasa de lombrices de tierra fue mayor en la SP que en la SNI para los tres meses evaluados, aunque en agosto las diferencias no se corroboraron estadísticamente ($F=2.14$, $p=0.18$; $F=3.31$, $p=0.1$, para la densidad y biomasa respectivamente), esto muestra que no existe preferencia por algún tipo de suelo.

Distribución vertical de las lombrices de tierra: Durante los meses de abril y julio no se encontraron individuos en la SNI en las diferentes profundidades muestreadas (Fig. 3 y Fig. 4). Sin embargo, en agosto mejoraron las condiciones de humedad y se observó la presencia de lombrices en ciertos estratos de suelo, aunque los valores no permitieron corroborar diferencias estadísticamente significativas entre sistemas en cada profundidad ($F=3.41$, $p=0.07$; $F=3.27$, $p=0.08$, para la densidad y biomasa respectivamente).

En la SP se observó una tendencia de migración de las lombrices de tierra hacia las zonas más profundas en el mes de sequía, en el cual permanecieron en estado de estivación, mientras que en los meses de lluvia los individuos se desplazaron a las capas superiores del suelo para alimentarse, $1.8<F<13.3$ y $0.001<p<0.2$ (Fig. 3 y Fig. 4). En agosto, la SNI no presentó diferencias en cuanto al patrón de distribución vertical de la abundancia y la biomasa en los distintos estratos, ($F=3.15$, $p=0.06$; $F=2.00$, $p=0.15$, para la densidad y

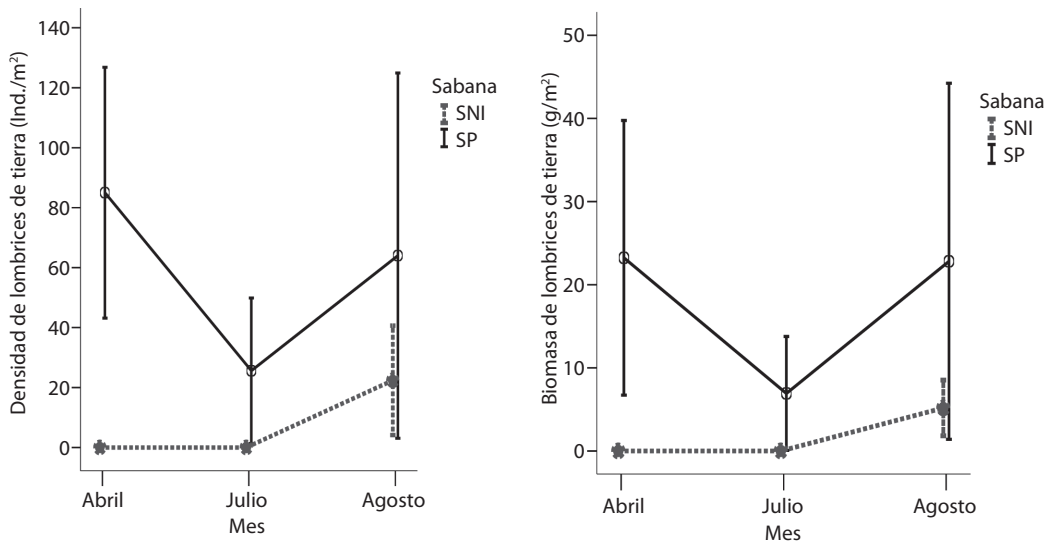


Fig. 2. Densidad (Individuos/m²) y biomasa (g/m²) total promedio de lombrices de tierra y desviación estándar para la Sabana Protegida (SP) y la Sabana Natural Intervenida (SNI). Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). SP, línea continua. SNI, línea discontinua.

Fig. 2. Total mean and standard deviation of density (Individuals/m²) and biomass (g/m²) of earthworms in Protected Savanna (SP) and Managed Natural Savanna (SNI). Different letters indicate significant differences ($p < 0.05$). SP, continuous line. SNI, dashed line.

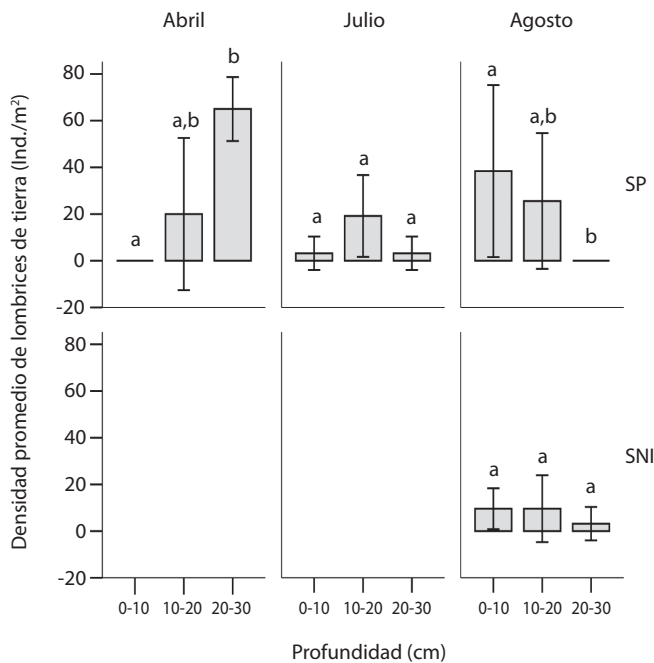


Fig. 3. Densidad promedio de lombrices de tierra (Individuos/m²) y desviación estándar para la Sabana Protegida (SP) y la Sabana Natural Intervenida (SNI) a diferentes profundidades. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

Fig. 3. Mean density of earthworms (Individuals/m²) and standard deviation in Protected Savanna (SP) and Managed Natural Savanna (SNI) at different depths. Different letters indicate significant difference ($p < 0.05$).

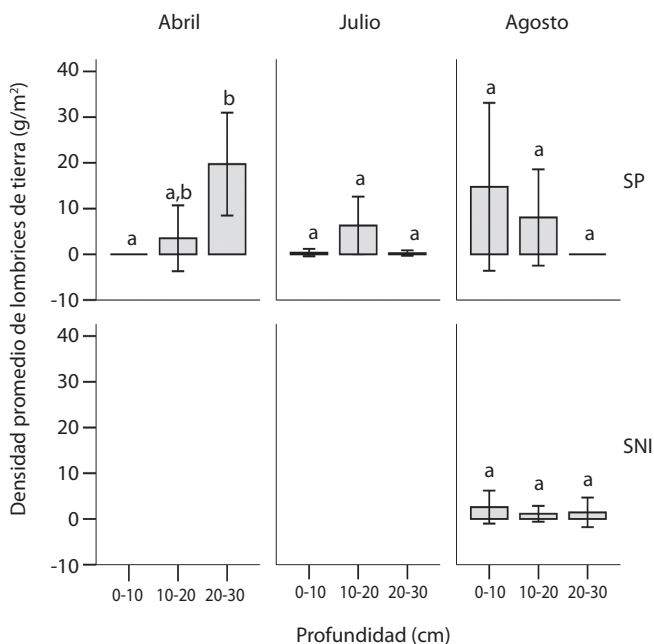


Fig. 4. Biomasa promedio de lombrices de tierra (g/m^2) y desviación estándar para la Sabana Protegida (SP) y la Sabana Natural Intervenida (SNI) a diferentes profundidades. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).
Fig. 4. Mean biomass of earthworms (g/m^2) and standard deviation in Protected Savanna (SP) and Managed Natural Savanna (SNI) at different depths. Different letters indicate significant difference ($p < 0.05$).

biomasa respectivamente), como se aprecia en Fig. 3 y Fig. 4.

Distribución de clases de etapas de desarrollo: Se observaron dos clases de etapas de desarrollo: jóvenes y adultos, y no se encontraron capullos. En la figura 5 se muestra la distribución de frecuencias relativas para las clases de etapas de desarrollo encontradas en los diferentes sistemas, se destaca la ausencia de individuos en la SNI en abril y julio. La etapa de desarrollo dominante en ambos sistemas es la joven. En la SP se observaron, en el mes de máximas lluvias, individuos en estado adulto, en una proporción de 10% del total de individuos recolectados (Fig. 5).

Categorías ecológicas: De acuerdo a su tamaño, pigmentación y distribución en el perfil del suelo los individuos se clasificaron en

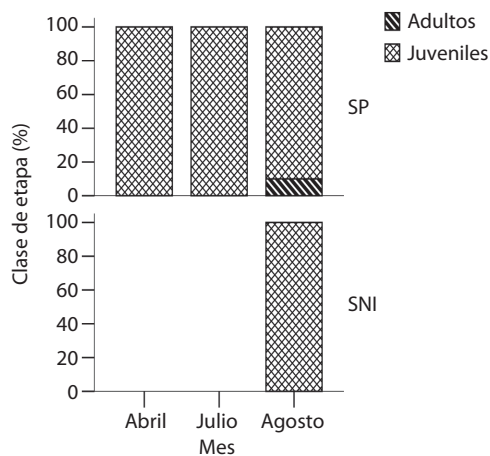


Fig. 5. Distribución de clases de etapas de desarrollo de lombrices de tierra en la Sabana Protegida (SP) y la Sabana Natural Intervenida (SNI).
Fig. 5. Distribution of earthworms by stage classes in Protected Savanna (SP) and Managed Natural Savanna (SNI).

una categoría ecológica intermedia denominada endo-anécica. Las características principales de los individuos fueron: presencia de una fuerte musculatura excavadora en la región anterior del cuerpo, ausencia de pigmentación, tamaño máximo de los individuos adultos comprendido entre 14-16cm de longitud con diámetro post-clitelar entre 2-3mm (Fig. 6). Adicionalmente, se observó la construcción de galerías sin orientación (entramado) con deposición de coprolitos epigéicos y subterráneos. Análisis del contenido de las mollejas mostraron la preferencia de varios individuos por ingerir mezclas de suelo con restos de material vegetal, siendo la fracción de suelo la de mayor proporción.

DISCUSIÓN

Análisis de suelo: La SP presentó modificaciones en algunos de los parámetros físicos estimados en comparación con la SNI. La protección de la quema y el pastoreo por un período prolongado ha favorecido un cambio microclimático, que se ve reflejado en la disminución de la temperatura del suelo en la época de lluvia y en la mejor conservación de la humedad del suelo.

Uno de los factores que pudiera estar relacionado directamente con la variabilidad de los valores de temperatura promedio es la radiación, que no incide de igual manera en los diferentes sistemas.

La densidad aparente promedio reportada para la SP en el mes de lluvia presentó valores similares a los reportados por Güerere (1992) y Hernández-Valencia (1996). Güerere (1992) señala que la disminución de la densidad aparente se debe a la protección de la SP durante muchos años, a su vez, esto pudiera estar relacionado con la dinámica biológica que se ha venido desarrollando durante ese periodo dentro de los suelos de la SP, y en la que las lombrices de tierra pudieran contribuir al incremento de la porosidad mediante la construcción de galerías.

Se pudo observar que ciertas zonas del suelo en la SNI presentaron alteraciones provocadas por uso de maquinaria pesada, lo cual generó una gran compactación, mientras que por otra parte, hubo áreas de suelo que indicaron alteración por remoción de tierras. Estas alteraciones pudieran generar en poco tiempo una gran variabilidad en la densidad aparente.

Una mejora en la porosidad podría explicar la mayor retención de agua en el suelo,

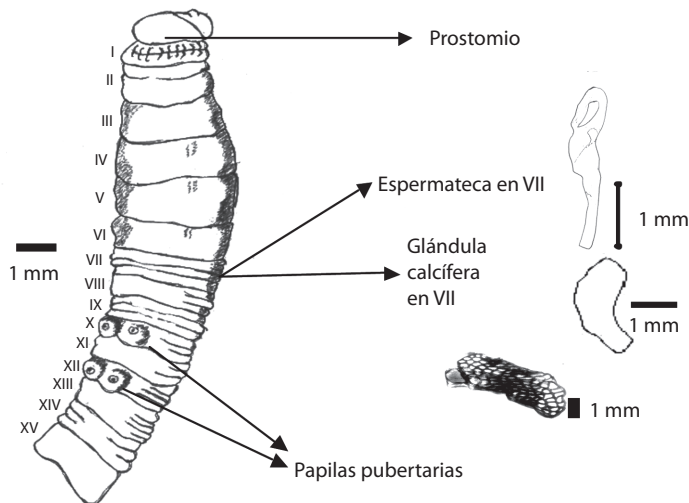


Fig. 6. Principales características morfológicas y taxonómicas de las lombrices de tierra de la SP y SNI.
Fig. 6. Main morphological and taxonomic features of earthworms from SP and SNI.

reflejado en una mayor capacidad de campo y mayor porcentaje de humedad en la SP, resulta ello en un ambiente favorable para el desarrollo y expansión de las lombrices de tierra.

La clase textural predominante (FA) fue similar a la reportada por Hernández-Valencia (1996), mientras que la clase textural diferente (AF), encontrada en la capa 0-10cm de la SNI, pudiera estar relacionada con el tipo de manejo implementado en la SNI en los últimos años. Esta clase textural Areno-Francosa podría influenciar, directa o indirectamente, la presencia de oligoquetos a esa profundidad, mediante el efecto abrasivo y/o alteración en el drenaje del suelo.

Es posible que el gran contenido de partículas gruesas (arena) en el suelo de ambas sabanas (SP y SNI) los hagan susceptibles a la sequía, ya que las aguas provenientes de las lluvias se infiltran hacia los horizontes inferiores y pudieran influenciar la distribución de las lombrices en los diferentes perfiles.

Se ha señalado anteriormente que los suelos de estas sabanas poseen baja fertilidad natural (Hernández-Valencia & López-Hernández 1999). Sin embargo, la protección de la sabana crea un ambiente más estable y con un mejor flujo de nutrientes y una mejora en la fertilidad del suelo, debido muy probablemente a la disminución durante años de la pérdida de materia orgánica asociada a las quemadas recurrentes (Hernández-Valencia & López-Hernández 2002).

Densidad y biomasa de lombrices de tierra: El mejoramiento de las condiciones físicas y químicas en la SP se traduce en condiciones nutricionales, microclimáticas y espaciales adecuadas para la proliferación de las lombrices de tierra, lo cual se ve reflejado en una mayor densidad y biomasa de lombrices de tierra en la SP en comparación con la SNI. Para ambas sabanas, el tamaño y desarrollo de los individuos tuvo una contribución notable a la biomasa, ya que, los valores fueron mayores a los reportados por Decaëns *et al.* (1994), Jiménez *et al.* (1998) y Araujo & López-Hernández (1999) en sabanas tropicales, aún

cuando la densidad total en la SNI fue menor que la reportada por dichos autores.

En el caso de la SP, además de superar los valores de biomasa de oligoquetos reportados por Decaëns *et al.* (1994), Jiménez *et al.* (1998) y Araujo & López-Hernández (1999), en sistemas de sabanas tropicales, la densidad de lombrices de tierra tuvo un valor máximo superior a los resultados reportados por dichos autores, pero fue inferior al señalado por Decaëns *et al.* (1994) en una sabana tropical de Carimagua, Colombia. Lavelle (1978) y Dash & Patra (tomado en Lavelle 1978), registraron valores superiores de densidad y biomasa de lombrices de tierra para sabanas tropicales en Costa de Marfil y la India, respectivamente.

Distribución vertical: Se observó que la marcada estacionalidad climática condiciona un proceso migratorio de las lombrices de tierra en los meses de sequía hacia las zonas más profundas. Una vez alcanzado un nivel crítico de humedad los individuos entran en un estado de estivación, que consiste en un mecanismo biológico que les permite sobrevivir en condiciones ambientales desfavorables y en el que permanecen hasta el comienzo de la estación lluviosa. Este patrón de diapausa verdadera ya ha sido descrito anteriormente por Jiménez & Decaëns (2004) en individuos pertenecientes a la especie *Martiodrilus* n. sp.

En la estación lluviosa los oligoquetos migran para alimentarse, en la capa superior del suelo, más rica en el contenido de materia orgánica (Quintero 2008). Valores similares para el patrón de distribución vertical de lombrices de tierra en diferentes estaciones o periodos del año han sido señalados por Jiménez & Decaëns (2000) en sistemas de pastizales en Colombia, mientras que Araujo & López-Hernández (1999) en sabanas de Puerto Ayacucho, Venezuela, registraron una distribución similar a la aquí presentada en la época de lluvia.

Los individuos contribuyen con aportes diferentes a la biomasa debido a la gran variabilidad de tamaños, de modo que aun cuando la densidad presentó valores significativos con

respecto a la distribución vertical, la biomasa no presenta variación.

Es escaso el conocimiento existente acerca de la relación entre el patrón de distribución vertical de las lombrices de tierra y los parámetros físicos del suelo y las respuestas fisiológicas de cada especie. Jiménez & Decaëns (2000) señalan que los factores ambientales influyen anualmente en el patrón de distribución vertical de las especies de lombrices de tierra, sin embargo, en ocasiones la respuesta fisiológica puede ser la responsable. Por ejemplo, los individuos jóvenes de *M. carimaguensis* tienden a migrar a zonas más profundas a mediados de la época de lluvia para entrar en estivación, mientras que los individuos adultos permanecen en la capa superior del suelo para depositar sus capullos. En este estudio la respuesta fisiológica podría explicar la ausencia de diferencias significativas en los valores de biomasa para las diferentes capas de suelo muestreadas, especialmente para los meses julio y agosto, ya que para el mes de abril los individuos se encontraban en estivación. Esto significa que el patrón de distribución vertical varía con la especie y con las condiciones físicas de la región, lo cual implica que pudieran existir determinados meses donde se aprecia mejor la migración.

Clases de etapas de desarrollo: La SP se caracterizó por la presencia únicamente de individuos jóvenes, lo que podría estar asociado a su mejor adaptabilidad a las condiciones de estrés en condiciones de sabanas para esta clase de etapa. En el período de máximas lluvias se observó una estructura de clases de etapas de desarrollo piramidal con bajo porcentaje de adultos en la población. Resultados similares a los presentados en este estudio, fueron determinados en pastizales de Colombia y sabanas de Venezuela, por Jiménez & Decaëns (2000) y Araujo & López-Hernández (1999), respectivamente.

La estructura de las clases de etapas de desarrollo puede ser variable para los diferentes táxones, la mayor proporción en una de las clases dependerá de ciertas fases del ciclo de

vida, de la naturaleza del individuo y de la respuesta de los mismos al ambiente en determinada época del año. Adicionalmente, se destaca que en ambientes donde existe una época de sequía bien establecida, como en el caso de las sabanas tropicales, la deposición de capullos podría estar limitada a determinados meses. Un caso particular de deposición de capullos fue estudiado por Jiménez *et al.* (1998) para la especie *Martiodrilus carimaguensis*, donde los individuos adultos depositan sus capullos un mes después que los individuos jóvenes inician su proceso de estivación. No obstante, para los sistemas estudiados la ausencia de capullos pudiera estar asociada con un periodo de sequía prolongado que se presentó para ese año (2009) y con quemas asociadas que incluso devastaron mucha cobertura vegetal en la SP. Sólo se encontraron dos individuos adultos clitelados durante todo el muestro y correspondieron al mes de agosto, lo que indica un problema crítico para la producción de capullos.

Categorías ecológicas: La diversidad de los oligoquetos puede ser estudiada de diversas formas (Fragoso *et al.* 1997), por ejemplo al determinar el papel ecológico de las lombrices de tierra en un ambiente evaluando su nicho o la fracción del suelo que explota potencialmente. La distribución en el perfil del suelo es una herramienta de gran importancia en la determinación de la categoría ecológica. Sin embargo, en ocasiones los individuos no se ajustan a una clasificación estricta y se sugieren categorías intermedias (Barois *et al.* 1999). En este estudio se observó que la categoría ecológica predominante fue una categoría intermedia, endo-anécica, señalada anteriormente por Barois *et al.* (1999). Es posible que en las zonas tropicales con condiciones ambientales de estrés y en suelos de baja fertilidad y productividad natural, las lombrices de tierra no estén sujetas a fuertes competencias intespecificas que las obliguen a limitarse a un estrato en particular por lo que pueden tener una mayor amplitud de su nicho.

En este estudio se determinó que la actividad de las lombrices de tierra estuvo limitada

a la época de lluvia, como ya ha sido señalado por Lavelle (1983) y Jiménez *et al.* (1998). Adicionalmente, Araujo & López-Hernández (1999) identifican la humedad como el factor más importante en la estación lluviosa en una sabana natural de Amazonas, Venezuela. Sin embargo, no se descarta la importancia que pudieran tener otros factores adicionales, como el pH y la materia orgánica, en la regulación de la actividad de las lombrices de tierra.

Los diferentes tipos de manejos de suelos pueden tener un gran impacto en el funcionamiento del ecosistema. La protección de la sabana en la EBLL ha promovido una mejora en las propiedades físicas del suelo, lo que ha favorecido un aumento en la densidad y biomasa de las lombrices de tierra en la SP en comparación con la SNI, sometida a quemadas recurrentes y pastoreo. De este modo, se puede destacar el carácter potencial de la densidad y la biomasa de lombrices de tierra como bioindicadores de la fertilidad del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico (CDCH) de la UCV, Proyecto N°036415. 2006. Agradecemos la colaboración prestada por Carlos López y Carlos Hernández. También agradecemos enormemente la colaboración incondicional prestada en la identificación taxonómica de las lombrices de tierra por Carlos Drachemberg.

RESUMEN

Las lombrices de tierra tienen un papel importante en el ciclo de nutrientes y el mantenimiento de la fertilidad de los suelos. En este estudio se empleó el método de extracción manual para determinar la densidad y la biomasa de las lombrices de tierra en diferentes profundidades y en diferentes estaciones, seleccionando al azar cinco monolitos de 25cm²x30cm, ubicados en un área de 90x90m en una Sabana Protegida (SP) y una Sabana Natural Intervenida (SNI). Adicionalmente, se estimó la densidad de los capullos, se analizaron las clases de etapas de desarrollo y se clasificaron los individuos en categorías ecológicas. Se estimó la humedad del suelo, la capacidad de campo, la temperatura, la densidad aparente y la textura

del suelo. La SP presentó mejores condiciones físicas en el suelo que la SNI, mientras que la actividad de las lombrices de tierra estuvo limitada a los meses de lluvia y se observó un patrón de migración estacional en el perfil del suelo. En la SNI sólo se observó presencia de individuos en agosto y no se encontró diferencia significativa en sus biomásas con la SP. Los sistemas estuvieron dominados por individuos jóvenes con una categoría ecológica de tipo endo-anécica pertenecientes a la familia Glossoscolecidae.

Palabras claves: lombrices de tierra, sabana, macrofauna.

REFERENCIAS

- Anderson, J.M. & J.S. Ingram. 1989. Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods. Wallingford, United Kingdom.
- Araujo, Y.M. & I.D. López-Hernández. 1999. Earthworm populations in a savanna-agroforestry system of Venezuelan Amazonia. *Biol. Fertil. Soils* 29: 413-418.
- Baker, G. 2007. Differences in nitrogen release from surface and incorporated plant residues by two endogeic species of earthworms (Lumbricidae) in a red brown earth soil in southern Australia. *Eur. J. Soil. Biol.* 43: 165-170.
- Barois, I., P. Lavelle, M. Brossard, J. Tondoh, M. Martínez, J. Rossi, B. Senapati, A. Ángeles, C. Frago, J.J. Jiménez, T. Decaens, C. Lattaud, J. Kanyonyo, E. Blanchart, L. Chapuis, G. Brown & A. Moreno. 1999. Ecology of earthworm species with large environmental tolerance and/or extended distributions, p. 57-85. *In* P. Lavelle, L. Brussaard & P. Hendrix (eds.). Earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford, United Kingdom.
- Blanchart, E., A. Bruand & P. Lavelle. 1993. The physical structure of casts of *Millsonia anomala* (Oligochaeta: Megascolecidae) in shrub savanna soils (Côte d'Ivoire). *Geoderma* 56: 119-132.
- Blanchart, E., A. Albrecht, J. Alegre, A. Dubois, C. Gilot, B. Pashanasi, P. Lavelle & L. Brussaard. 1999. Effects of earthworms on soil structure and physical properties, p. 149- 172. *In* P. Lavelle, L. Brussaard & P. Hendrix (eds.). Earthworm management in tropical agroecosystems. Wallingford, United Kingdom.
- Bouyoucos, G.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Casanova, E.F. 2005. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Central de Venezuela-Consejo de

- Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Distrito Capital, Venezuela.
- Chaoui, H., L. Zibilske & T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil. Biol. Biochem.* 35: 295-302.
- Decaëns, T., P. Lavelle, J.J. Jimenez, G. Escobar & G. Rippstein. 1994. Impact of land management on soil macrofauna in the oriental llanos of Colombia. *Eur. J. Soil. Biol.* 30: 157-168.
- Decaëns, T., J.J. Jiménez, E. Barros, A. Chauvel, E. Blanchart, C. Fragoso & P. Lavelle. 2004. Soil macrofaunal communities in permanent pastures derived from tropical forest or savanna. *Agr. Ecosyst. Environ.* 103: 301-312.
- Fragoso, C., G. Brown, J. Patrón, E. Blanchart, P. Lavelle, B. Pashanasi, B. Senapati & T. Kumar. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropic: the role of earthworms. *Appl. Soil. Ecol.* 6: 17-35.
- Güerere, I. 1992. Comparación de parámetros químicos, físicos y de la biomasa microbiana del suelo entre una sabana protegida del fuego y una sabana quemada anualmente. Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Hernández-Valencia, I. & I.D. López-Hernández. 1999. Allocation of phosphorus in a tropical savanna. *Chemosphere* 39: 199-207.
- Hernández-Valencia, I. & I.D. López-Hernández. 2002. Pérdida de nutrimentos por la quema de vegetación en una sabana de *Trachypogon*. *Rev. Biol. Trop.* 50: 1013-1019.
- Jiménez, J.J., A. Moreno, T. Decaëns, P. Lavelle, M. Fisher & R. Thomas. 1998. Earthworm communities in nature savannas and man-made pastures of the Eastern plains of Colombia. *Biol. Fertil. Soils.* 28: 101-110.
- Jiménez, J.J. & T. Decaëns. 2000. Vertical distribution of earthworms in grassland soils of the Colombian Llanos. *Biol. Fertil. Soils* 32: 463-473.
- Jiménez, J.J., A. Cepeda, T. Decaëns, A. Oberson & D. Friesen. 2003. Phosphorus availability in casts of an anecic savanna earthworm in a Colombia Oxisol. *Soil. Biol. Biochem.* 35: 715-727.
- Jiménez, J.J. & T. Decaëns. 2004. The impact of soil organisms on soil functioning under neotropical pastures: a case study of a tropical anecic earthworm species. *Agr. Ecosyst. Environ.* 103: 329-342.
- Lal, R. 1988. Effects of Macrofauna on Soil Properties in Tropical Ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 24: 101-116.
- Lavelle, P. 1978. Les vers de terre de la savane de lamto (Côte d'Ivoire): peuplements, populations et fonctions dans l'écosystème. Ph.D. Thesis, Université de Paris, France.
- Lavelle, P. 1983. The soil fauna of tropical savannas II. The earthworms. *In* F. Bourliere (ed.). *Tropical Savannas*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Lavelle, P. & A.V. Spain. 2001. *Soil Ecology*. London, United Kingdom.
- López, D., P. Roa & L. Ramírez. 1971. Estudios de un Sedimento Ferruginoso llamado localmente Ripio. *Soc. Ven. Cienc. Nat.* 29: 27-49.
- López-Hernández, D., P. Lavelle, J.C. Fardeau & M. Niño. 1993. Phosphorus transformations in two P-sorption contrasting tropical soils during transit through *Pontoscolex corethrus* (Glossoscolecidae: Oligochaeta). *Soil. Biol. Biochem.* 25: 789-792.
- López-Hernández, D., I. Hernández-Valencia & I. Guerere. 2008. Cambios en parámetros físicos, químicos y biológicos en el suelo de una sabana protegida de quema y pastoreo durante veinticinco años. *Bioagro* 20: 151-158.
- Quintero, E. 2008. Estudio en C y N en suelos y coprolitos de las comunidades de oligoquetos ubicadas en sabanas del Orinoco. Tesis de grado, Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Raw, F. 1960. Earthworm population studies: A comparison of sampling methods. *Nature* 187: 257.
- San José, J. & M. Fariñas. 1983. Changes in tree density and species composition in a protected *Trachypogon* savanna, Venezuela. *Ecology* 64: 447-453.
- San José, J. & M. Fariñas. 1991. Temporal changes in the structure of a *Trachypogon* savanna protected for 25 years. *Acta Oecologica* 12: 237-247.
- Silva, J.F., A. Zambrano & M.R. Fariñas. 2001. Increase in the woody component of seasonal savannas under different fire regimes in Calabozo, Venezuela. *J. Biogeogr.* 28: 977-983.
- Soil Survey Staff. 1996. *Soil survey laboratory methods manual: soil survey investigations report No. 42, version 3.0*. USDA-NRCS National Soil Survey Center, Washington, District of Columbia, USA.