

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Soja  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia

Editores:  
*George G. Brown e Carlos Fragoso*

Londrina, PR  
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Soja**

Rodovia Carlos João Strass - Acesso Orlando Amaral  
Caixa Postal 231  
86001-970 - Londrina, PR  
Fone: (43) 3371-6000 - Fax: 3371-6100  
www.cnpso.embrapa.br  
sac@cnpso.embrapa.br

**Ministério do Meio Ambiente - MMA**

Centro de Informação e Documentação Luiz Eduardo Magalhães / CID Ambiental  
Esplanada dos Ministérios - Bloco B - térreo  
70068-900 - Brasília, DF  
Fone: (61) 4009-1235 – Fax (61) 4009-1980  
www.mma.gov.br  
cid@mma.gov.br

Coordenação editorial:  
George G. Brown / Carlos Fragoso

Capa:  
Neide Makiko Furukawa / George G. Brown

Revisão de texto:  
George G. Brown / Carlos Fragoso

Editoração eletrônica:  
Neide Makiko Furukawa

Normalização bibliográfica:  
Ademir Benedito Alves de Lima

Fotos da capa:  
George G. Brown / Andrés Zicsi

Projeto gráfico:  
Neide Makiko Furukawa

**1ª Edição**  
1ª impressão (2007): 50 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Embrapa Soja**

---

Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia / editores técnicos: George G. Brown, Carlos Fragoso. Londrina: Embrapa Soja, 2007.  
545 p. : il. ; 29,7 cm.

ISBN 978-85-7033-019-2

1.Minhoca-biodiversidade. 2.Minhoca-ecologia. I.Brown, G.G. II.Fragoso, C. III.Título.

**CDD 592.64098**

# Evaluación de la biomasa de lombrices de tierra en diferentes sistemas de producción del Uruguay

María Stella Zerbino

## Abstract

Agroecosystem simplification and intensification affect soil organisms and earthworms in particular, due to physical disturbance and biological changes in the soil habitat in addition to the use of pesticides and reduction in organic matter. Historically, production systems have centered on physical and chemical properties and processes, with lesser value given to biological ones. The main land use systems in Uruguay have not escaped this reality. Therefore, their validation as sustainable land use systems must consider biological aspects of production and the study of their relationships with soil physical and chemical properties. Therefore, in two long-term experiments in Uruguay, earthworm communities were studied to assess the impact of land use intensity on their populations and to explore their relationships with various soil physical and chemical properties and surface residues. In one experiment, located in eastern Uruguay (UEPP-INIA Treinta y Tres) four different rotations (continuous cropping, short crop-pasture rotation, long crop-pasture rotation, and pasture improvement) under grazing and no tillage conditions were evaluated. The control was an adjoining area with natural grassland used as a pasture. In the other experiment, located in northern Uruguay (UEG-INIA Tacuarembó), two natural grasslands were evaluated, one under grazing and the other excluded from grazing for nine years. The results indicated that management practices such as rotation and grassland use intensity, soil cultivation and grazing, create different microclimate and (food) resource conditions determining earthworm abundance, and the dominance of different earthworm species.

## Resumen

La simplificación e intensificación de los sistemas de producción afecta a la biología del suelo y en forma particular a las lombrices de tierra, como consecuencia de las perturbaciones físicas y cambios biológicos que se producen en su hábitat, del uso de agroquímicos y de la disminución de la materia orgánica. Históricamente, la evaluación de los distintos sistemas de producción se centró en los aspectos físicos y químicos, mientras que la valoración de los procesos biológicos ha sido escasamente contemplada. Los sistemas de producción característicos del Uruguay no escapan a esta realidad, por lo que su validación como sistemas sostenibles debe considerar los aspectos biológicos y estudiar la relación de éstos con las propiedades físicas y químicas. Este trabajo tuvo como objetivos cuantificar el impacto de la intensidad de uso del suelo sobre las lombrices de tierra y explorar sus posibles relaciones con las propiedades del mismo, así como con la presencia de residuos en superficie. Los sitios de muestreo fueron dos experimentos de largo plazo. En uno de ellos, ubicado en el Departamento de Treinta y Tres, se compararon cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo. Como control, se estudió un área de campo natural sin fertilizar con pastoreo. En el otro sitio experimental, localizado en el Departamento de Paysandú, se estudió el efecto del pastoreo en el campo natural. Los resultados indican que prácticas de manejo como intensidad de la rotación de cultivos y pasturas, el método de preparación del suelo y el pastoreo, provocan cambios en la vegetación (estructura y densidad) y en los residuos (cantidad y calidad) y producen importantes variaciones en el microclima, en



la disponibilidad de recursos y en el hábitat que determinan la abundancia de lombrices, así como el predominio de determinadas especies.

## Introducción

El suelo es un recurso crítico, no renovable a escala humana y cuya condición es vital para la producción agrícola, el balance global de agua dulce y de carbono y el funcionamiento de los ecosistemas (Doran et al., 1996). Es también un sistema donde la mayoría de las propiedades y procesos físicos y químicos son mediados por la biota que lo habita. Los diversos organismos del suelo (microorganismos, raíces e invertebrados) están ensamblados en intrincadas y variadas comunidades que contribuyen colectivamente con un amplio rango de servicios que son esenciales para el funcionamiento sustentable de los ecosistemas (Lavelle et al., 2006). Cada componente de la biota tiene un rol determinado en su nicho específico que frecuentemente no puede ser reemplazado por otros organismos presentes en el sistema. Dentro de los invertebrados se destacan las lombrices de tierra porque a través de su actividad promueven la mineralización de la materia orgánica y la movilización de nutrientes y mejoran la estructura del suelo.

La intensificación del uso de la tierra para aumentar la producción agrícola ha reemplazado la biodiversidad natural por plantas cultivadas y animales domésticos, ignorando la importancia de la biota del suelo (Altieri, 1999). Este proceso afecta a las poblaciones de lombrices de tierra como consecuencia de los cambios biológicos del ecosistema, de la perturbación física del suelo, de los efectos tóxicos de los agroquímicos y de la disminución de la materia orgánica del suelo que es su principal fuente de alimento.

La evaluación de los sistemas de producción frecuentemente se centra en la productividad y en las propiedades físicas y químicas del suelo, mientras que la valoración de los procesos biológicos ha sido menos estudiada. Los sistemas de producción del Uruguay, no escapan a esta realidad.

La existencia de áreas experimentales de larga duración es una excelente oportunidad para cuantificar el impacto de la intensidad de uso del suelo sobre sus propiedades y procesos y relacionarla con los factores abióticos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de

distintos usos de la tierra sobre las comunidades de lombrices de tierra y explorar las posibles relaciones con las propiedades físicas y químicas del suelo y los residuos superficiales.

## Metodología

### Sitios de estudio

Este estudio fue realizado en el año 2003 en dos experimentos de largo plazo pertenecientes al Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). En uno de ellos, localizado en el Este (33°14'00" S, 54°15'00" W) del país en la Unidad Experimental de Palo a Pique (UEPP-INIA Treinta y Tres), desde 1995 se evalúa el efecto de cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa incluyendo pastoreo. En el otro experimento ubicado en el norte del país (32°01'36" S, 57°07'04" W) en la Unidad Experimental Glencoe (UEG-INIA Tacuarembó) se estudia el efecto del pastoreo en el campo natural.

### Descripción de los experimentos

En el experimento localizado en la UEPP- INIA Treinta y Tres, las cuatro intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo evaluadas fueron: Cultivo continuo (CC) con siembra de dos cultivos forrajeros por año (*Avena sativa*, *Lolium multiflorum* y *Trifolium alexandrinum* en invierno; *Sorghum bicolor* o *Setaria italica* en verano); Rotación Corta (RC) con dos años de doble cultivo ídem CC y dos años de pradera artificial (*Trifolium pratense* y *L. multiflorum*); Rotación Larga (RL) con dos años de doble cultivo ídem CC y cuatro años de pradera artificial (*Trifolium repens*, *Lotus corniculatus*, *Dactylis glomerata* y *Festuca arundinacea*); Mejoramiento de pasturas (MP) con pradera artificial permanente (*T. repens*, *L. corniculatus* y *L. multiflorum*) renovada cada tres o cuatro años. Este experimento cuenta con todos los componentes de las diferentes alternativas de intensidad de uso del suelo (rotaciones) al mismo tiempo, es decir que la RL está compuesta por seis parcelas; RC por cuatro parcelas y CC y MP una parcela respectivamente, por lo que el ensayo totaliza 12 parcelas que fueron asignadas en forma aleatoria a las distintas unidades experimentales al inicio del experimento (Terra & García, 2001). Todos los tratamientos están sometidos a pastoreo, con las siguientes cargas animales: MP 1.4 UG

(Unidades Ganaderas)/ha; RC y RL 1.9 UG/ha y CC 2.5 UG/ha. Como testigo fue muestreada el área de campo natural con pastoreo que existe alrededor del experimento, en el cual se maneja una carga promedio de 0.8 a 0.9 UG/ha. Cada unidad experimental ocupa un área de seis hectáreas y tiene proporciones semejantes de suelos Argiudols Típicos.

En el otro experimento (UEG-INIA Tacuarembó) fueron seleccionadas dos parcelas de campo natural sometidas a tratamientos diferentes respecto al pastoreo: una con pastoreo rotativo de 14 días con 42 días de descanso (CN) y la otra sin presencia de ganado desde hace nueve años (EX 9). Cada área experimental tiene un tamaño aproximado de media hectárea. La carga animal que se maneja en el campo natural pastoreado es de 0.75-0.80 UG/ha. Los suelos predominantes son Hapluderts Típicos asociados a Argiudols de profundidad de perfil variable con contacto lítico.

## Método de muestreo

El método de muestreo fue similar al recomendado por el Tropical Soil Biology and Fertility Programme (TSBF) (Anderson & Ingram, 1993). La unidad básica de muestreo fue de 25 cm de lado por 20 cm de profundidad. Los muestreos fueron realizados en los meses de abril y septiembre, que es la época de mayor abundancia de lombrices de tierra.

En cada una de las parcelas estudiadas (13 en la UEPP de INIA Treinta y Tres y 2 en la UEG de INIA Tacuarembó) se tomaron 15 muestras al azar ( $n=15$ ). Los individuos y capullos colectados en cada unidad de muestreo, fueron conservados en formol 4%. En el laboratorio se los separó de acuerdo a su morfología y posteriormente permanecieron en la estufa a 70°C durante ocho horas para la determinación del peso seco.

Con el objetivo de explorar las relaciones entre las lombrices y variables ambientales, en cada punto de muestreo se colectaron los residuos en superficie y en el Laboratorio de Calidad de Forrajes de INIA La Estanzuela se realizaron las siguientes determinaciones: peso por unidad de superficie (PV), Fibra Detergente Neutra (FDN), Fibra Detergente Ácida (FDA) (Van Soest, 1982), materia seca parcial (MSP), cenizas (CEN) y materia orgánica (MOR) que resulta de la diferencia entre materia seca parcial y cenizas. La MSP se obtuvo por un proceso de secado en estufa de aire forzado a 60°C y las cenizas que equivalen al contenido de minerales, se obtuvieron por un proceso de incineración a

550°C durante tres horas. También se obtuvo una muestra de suelo compuesta por 45 tomas de suelo, a 10 cm de profundidad. En el Laboratorio de Suelos y Análisis de Plantas de INIA La Estanzuela se realizaron las determinaciones de: textura (Bouyoucos), conductividad eléctrica (Relación 1:1, Conductivímetro)(CE), carbono orgánico (Tinsley) (Corg), Nitrógeno total (Kjeldhal) (N), fósforo disponible (Bray I) (P), materia orgánica particulada gruesa y fina (CPOMg y CPOMF) y asociada a los minerales (CMAOM) (Morón & Sawchick, 2002), pH en agua, acidez titulable ( $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2$ ) (AT), Ca y Mg (acetato de amonio pH7 y absorción atómica), K y Na (acetato de amonio pH7 y emisión atómica), Bases, Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC = Bases + Acidez titulable), y biomasa microbiana (BIOM). La determinación de densidad aparente (DA) se realizó en tres puntos de cada parcela. En el Cuadro 19.1 se presentan los valores promedio de los dos muestreos para cada intensidad de uso del suelo.

## Análisis de datos

Para el análisis del efecto de los tratamientos, la variable considerada fue la biomasa seca ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) del total de individuos, de las morfoespecies y de los capullos. Los datos fueron transformados a  $\text{Log}(x+1)$  y luego analizados utilizando modelos lineales generales (Proc Glim, SAS, 1999). El análisis fue factorial de dos vías, siendo los tratamientos y la época de muestreo los dos factores.

En el ensayo de la UEPP-INIA Treinta y Tres fueron considerados 13 tratamientos (cada parcela componente del ensayo). Posteriormente, las diferencias entre las medias de los cinco sistemas de producción (CC, RC, RL, MP, y CN) fueron determinadas mediante contrastes. En el experimento UEG-INIA Tacuarembó sólo fueron dos tratamientos (CN y EX9).

Para explorar las relaciones entre la biomasa de las lombrices de tierra y el hábitat, en primer lugar se construyeron dos matrices, una de ellas con las variables ambientales que incluyó la información de las propiedades físicas y químicas del suelo y las características de los residuos presentes en la superficie de cada tratamiento y la otra con los datos de biomasa seca de las diferentes morfoespecies y de los capullos. Como método de Ordenación se utilizó el de Análisis de Componentes Principales (ACP). En el caso de las variables ambientales los datos fueron estandarizados por tener diferente magnitud. Posteriormente, los resultados de la ordenación de las matrices de las variables

**Cuadro 19.1.** Propiedades del suelo y de los residuos promedio de los dos muestreos realizados en los experimentos de rotaciones cultivos-pasturas (UEPP-INIA Treinta y Tres) y de pastoreo (UEG-INIA Tacuarembó) (Zerbino et al., 2006). CC = Cultivo continuo; RC = Rotación corta; RL = Rotación larga; MP = Mejoramiento permanente; CN = Campo natural pastoreado; EX9 = Exclusión sin pastoreo por 9 años

Localidad y tratamientos	Suelo <sup>1</sup>													Residuos <sup>2</sup>					
	P (µg P/g)	pH (H <sub>2</sub> O)	Coig	N	Arena	Limo	Arcilla	Humedad	Ca	Mg	K	Na	CIC	Den. Ap. (g/cm <sup>3</sup> )	Peso (g/m <sup>2</sup> )	MSP	Cenizas	FDN	FDA
CC	19.3	5.6	1.7	0.18	43	33	24	17.04	5.80	2.65	0.20	0.44	13.1	1.25	105.8	79.0	63.5	75.6	58.1
RC	8.8	5.5	2.0	0.21	40	35	25	21.18	5.09	2.48	0.24	0.28	13.8	1.23	113.8	62.2	40.2	62.8	51.0
RL	7.5	5.6	2.3	0.23	41	35	24	19.73	6.48	2.63	0.29	0.26	14.4	1.20	104.4	61.4	36.4	71.2	57.0
MP	4.4	5.9	2.3	0.24	42	36	22	24.00	7.85	3.05	0.31	0.24	15.0	1.17	96.2	42.4	20.9	72.0	54.4
CN	2.2	5.8	2.5	0.22	41	37	22	19.79	6.95	3.10	0.43	0.24	14.5	1.20	98.4	55.0	24.2	67.7	55.6
UEG-INIA	2.8	5.9	5.1	0.40	24	36	40	51.77	25.50	10.80	0.50	0.30	43.3	0.93	222.7	60.1	23.9	68.9	59.5
Tacuarembó	1.9	5.9	3.9	0.33	28	37	35	48.77	19.95	7.35	0.33	0.24	34.8	0.99	325.0	74.2	24.5	70.7	63.1

<sup>1</sup> CIC = capacidad de intercambio catiónico; Den. Ap. = Densidad aparente.

<sup>2</sup> MSP = materia seca parcial; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra detergente ácida.

ambientales y los de las matrices de la macrofauna se conectaron mediante un análisis de Co-Inercia (COIA), el cual correlaciona los primeros ejes de ordenación de dos matrices. Este tipo de análisis que relaciona dos tablas, permite explorar las relaciones entre variables ambientales y biológicas cuando se consideran muchas variables en pocos sitios de muestreo (Dolédéc & Chessel, 1994). Para determinar la significación de los valores de Co-Inercia se realizó un test de Monte-Carlo. El software utilizado fue ADE-4 (Thioulouse et al., 1997) incluido en el paquete R1.9 (R Development Core Team, 2004).

## Resultados

### Experimento de rotaciones cultivos-pasturas (UEPP-INIA Treinta y Tres)

Fueron colectados un total de 2897 individuos los cuales fueron clasificados en siete morfoespecies. El 69% de los individuos pertenecieron a la sp. 1 (Familia Ocneroдрilidae), el 16% a la sp. 2 (Familia Lumbricidae) y el 15% remanente fue distribuidos en las otras cinco morfoespecies (Zerbino et al., 2006).

En el cuadro 19.2 se presentan los resultados de los análisis de varianza para la biomasa seca del total de individuos colectados de cada morfoespecie y de los capullos. Hubo efectos de los tratamientos para el total y las morfoespecies sp. 1, sp. 2, sp. 4, sp. 5, así como para los capullos. En estos casos (con excepción de la sp. 2) también hubo interacción significativa de los tratamientos por época de muestreo.

En lo que se refiere a la biomasa seca total, en las dos fechas de muestreo la intensidad de uso del suelo MP registró el valor más alto de biomasa, el cual se diferenció de los obtenidos en las restantes intensidades de uso del suelo, que fueron similares entre sí. Esto es debido a la abundancia de la morfoespecie 2 en este sistema, que fue en los dos momentos de muestreo significativamente superior respecto a los restantes usos del suelo (Cuadro 19.2). Esta especie, a pesar de ser menos abundante que la sp. 1, tiene mayor tamaño y contribuye más para la biomasa total. En los tratamientos donde se produjo un reemplazo natural de la vegetación hubo un gradiente decreciente en la biomasa de la sp. 2 inversamente relacionado con la duración de la fase leguminosa en la rotación. Esta especie

**Cuadro 19.2.** Biomasa (g peso seco/m<sup>2</sup>) promedio de lombrices de tierra y sus capullos en las dos épocas de muestreo para las intensidades de uso del suelo del experimento en la UEPP-INIA Treinta y Tres.

Época de muestreo	Tratamiento <sup>1</sup>	Total <sup>2</sup>	sp. 1	sp. 2	sp. 3	sp. 4	sp. 5	sp. 6	sp. 7	capullos	No. especies
Abril	CC	0.61 b	0.31 a	0	0.22 a	0.04 a	0	0	0	0	3
	RC	4.12 b	0.21 ab	2.75 bc	1.04 a	0	0.11 a	0	0	0	4
	RL	3.13 b	0.05 c	2.80 b	0.20 a	0.01 a	0	0.01 a	0	0.02 a	5
	MP	8.62 a	0.07 bc	8.49 a	0.01 a	0.01 a	0	0	0	0	4
	CN	0.32 b	0.05 c	0	0.27 a	0	0	0	0	0	2
Septiembre	CC	3.02 b	1.21 a	0	1.51 a	0.12 a	0	0.01 a	0.16 a	0	5
	RC	3.91 b	0.76 ab	1.14 bc	0.82 a	0.02 b	1.12 a	0.02 a	0.03 a	0.16 b	7
	RL	2.75 b	0.64 b	1.18 b	0.40 a	0.06 ab	0.38 b	0	0.09 a	0.31 b	6
	MP	9.30 a	0.73 ab	7.13 a	1.07 a	0.06 ab	0.07 bc	0.03 a	0.19 a	2.25 a	7
	CN	2.28 b	0.39 b	1.05 bc	0.76 a	0.01 b	0.02 bc	0	0	0.02 b	5
P>F (tratamiento)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	n.s.	0.0017	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	
P>F (época de muestreo)	n.s. <sup>3</sup>	<0.0001	0.0403	0.0021	n.s.	0.0021	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	
P>F (tratamiento*época de muestreo)	0.029	<0.0001	n.s.	0.0173	n.s.	0.0173	<0.0001	n.s.	n.s.	<0.0001	

<sup>1</sup> CC= Cultivo continuo; RC= Rotación corta; RL=Rotación larga; MP= Mejoramiento permanente; CN= Campo natural

<sup>2</sup> Valores seguidos por la misma letra en cada columna no son significativamente diferentes (P>0.05) para los contrastes de las medias de los usos de la tierra basado en la prueba F.

<sup>3</sup> no significativo

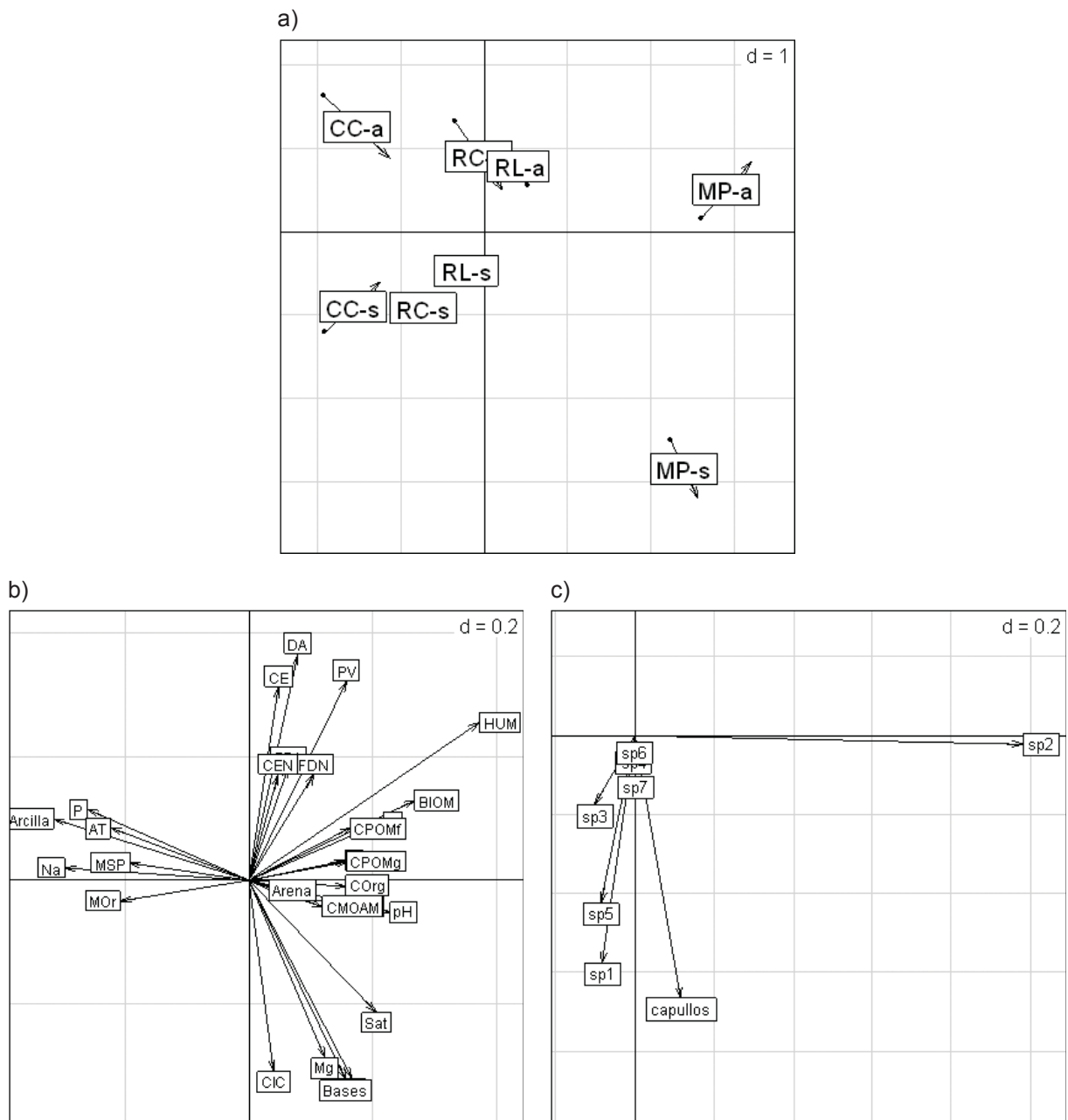
no fue colectada en ninguno de los dos muestreos en CC.

Con respecto a la sp. 1, especie de menor tamaño, en ambos momentos de muestreo los mayores valores fueron registrados en el uso del suelo de mayor intensidad (CC), aunque las diferencias entre los distintos tratamientos fueron mayores en el muestreo del mes de abril. Para las sp. 4 y sp. 5 y los capullos sólo hubo efecto de los tratamientos en el muestreo de septiembre. En el caso de la sp. 4 la mayor biomasa se registró en CC y sólo se diferenció estadísticamente de los valores registrados en RC y CN. En el caso de la sp. 5 el valor más alto se registró en RC, la cual fue significativamente diferente de las restantes intensidades de uso del suelo. En relación a los capullos, sólo el valor registrado en MP se diferenció significativamente de las restantes intensidades de uso del suelo, las cuales fueron similares entre sí. Existió cierta relación entre la producción de capullos y la duración de la fase leguminosa en la rotación.

El test de Monte-Carlo del análisis de Co-Inercia entre las variables ambientales y la biomasa de las distintas morfoespecies y capullos no fue significativo (p=0.2) cuando se consideraron todas las intensidades de uso del suelo. Sin embargo, al realizar análisis excluyendo el tratamiento CN, el test de Monte-Carlo fue significativo (p=0.03). Esto significa que en las intensidades de uso del suelo donde hubo un reemplazo de la vegetación natural, la co-estructura descrita por Co-Inercia en los ejes 1 y 2 es semejante a la estructura descrita por los ejes 1 y 2 para cada análisis por separado.

Los primeros ejes del análisis de Co-Inercia explican el 89% y 8% de la estructura común compartida por las matrices de variables ambientales y de la biomasa, lo que enfatiza la importancia del primer eje.

La posición de los usos de la tierra de acuerdo a los valores de las variables ambientales y de la biomasa (Figura 19.1a) ilustra el ajuste entre las dos nuevas ordenaciones. Hacia la izquierda



**Figura 19.1.** Análisis de Co-Inercia entre variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies encontradas en la UEPP-INIA Treinta y Tres: a) plano factorial de Co-Inercia de los usos de la tierra; b) y c) proyección de los vectores de las variables ambientales y de la biomasa de las morfoespecies en el plano factorial de Co-Inercia. La punta de la flecha representa la vposición del uso de la tierra para la biomasa de las morfoespecies y el otro extremo para las variables ambientales, cuanto mayor es la flecha menor es la relación entre las variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies. CC = Cultivo continuo; RC = Rotación corta; RL = Rotación larga; MP = Mejoramiento permanente; CN = Campo natural; a = abril; s = septiembre; PV = peso por unidad de superficie; FDN = Fibra Detergente Neutra; FDA = Fibra Detergente Ácida; MSP = materia seca parcial; CEN = cenizas; MOr = materia orgánica; Corg = carbono orgánico; N = Nitrógeno total; P = fósforo disponible (Bray I); CPOMg, CPOMF y CMAOM = materia orgánica particulada gruesa y fina asociada a los minerales; pH = pH en agua; AT = acidez titulable; Ca, Mg, K y Na = cationes intercambiables; Bases = suma de las bases; CIC = Capacidad de Intercambio Catiónico; BIOM = biomasa microbiana; DA = densidad aparente; CE = conductividad eléctrica; HUM = humedad del suelo.



se ubicó el sistema de producción más intensivo (CC) que fue un ambiente que se caracterizó por tener residuos con alto contenido de materia seca parcial (MSP) y de materia orgánica (MOr) y suelos con altos valores de arcilla, fósforo (P), sodio (Na) y acidez titulable (AT). Las morfoespecies características de este uso del suelo fueron sp.1, sp.3 y sp. 5 (Figura 19.1b, c). Por el contrario, a la derecha de la Figura 19.1a se ubicó el uso del suelo menos intensivo (MP), el cual se caracterizó por ser un ambiente con suelos con mayor contenido de humedad (HUM), de materia orgánica (COrg), de biomasa microbiana (BIOM), contenido de bases y cationes y pH más altos y por la presencia de la morfoespecie sp.2 (Figura 19.1b, c). En una posición intermedia se ubicaron las rotaciones con intensidad intermedia (RC y RL). El eje 2 separó a los momentos de muestreo (Figura 19.1a).

### Experimento de pastoreo en campo natural (UEG-INIA Tacuarembó)

En este experimento fueron colectados un total de 454 individuos, los cuales fueron clasificados en cinco morfoespecies, de las cuales el 79% de los individuos correspondió a la morfoespecie sp.1 (Familia Ocnerodrilidae), el 8% a la sp.3 (Familia Glossoscolecidae), y el 13% restante distribuido entre las tres morfoespecies restantes (Zerbino et al., 2006).

En el Cuadro 19.3 se presentan los resultados de los análisis de varianza para la biomasa total de las cinco morfoespecies y de los capullos; sólo hubo efecto de los tratamientos para el total y la sp. 3. En ambos casos no se registró interacción tratamiento por época de muestreo y

la mayor biomasa se registró en el tratamiento sin pastoreo.

El test de Monte-Carlo del análisis de Co-Inercia fue significativo ( $p < 0.05$ ), lo que indica que la co-estructura descrita por Co-Inercia en los ejes 1 y 2 es semejante a la estructura descrita por los ejes 1 y 2 para cada análisis por separado. Los primeros ejes del análisis de Co-Inercia explican el 97% y 3% de la estructura común compartida por las matrices de variables ambientales y de la biomasa, lo que enfatiza la importancia del primer eje.

En las dos épocas de muestreo ambos tratamientos quedaron separados (Figura 19.2a). El área excluida del pastoreo se caracterizó por tener mayor cantidad de residuos con contenidos de fibra detergente neutra y cenizas más elevados y suelos con contenido de limo y densidad aparente superiores a CN. Este fue el ambiente preferido por la sp. 3. Por su parte, CN se caracterizó por ser un ambiente rico en materia orgánica, en bases y biomasa microbiana y tener mayor presencia de la sp.1 (Figura 19.2b, c). El eje 2 separó a las dos épocas de muestreo (Figura 19.2a).

### Discusión

La intensidad de uso del suelo fue el factor determinante en los resultados obtenidos en ambos experimentos. El número de cultivos por año en el experimento de UEPP-INIA Treinta y Tres y el pastoreo en la UEG-INIA Tacuarembó provocan cambios en la vegetación (estructura y densidad) y en los residuos (cantidad y calidad) y producen

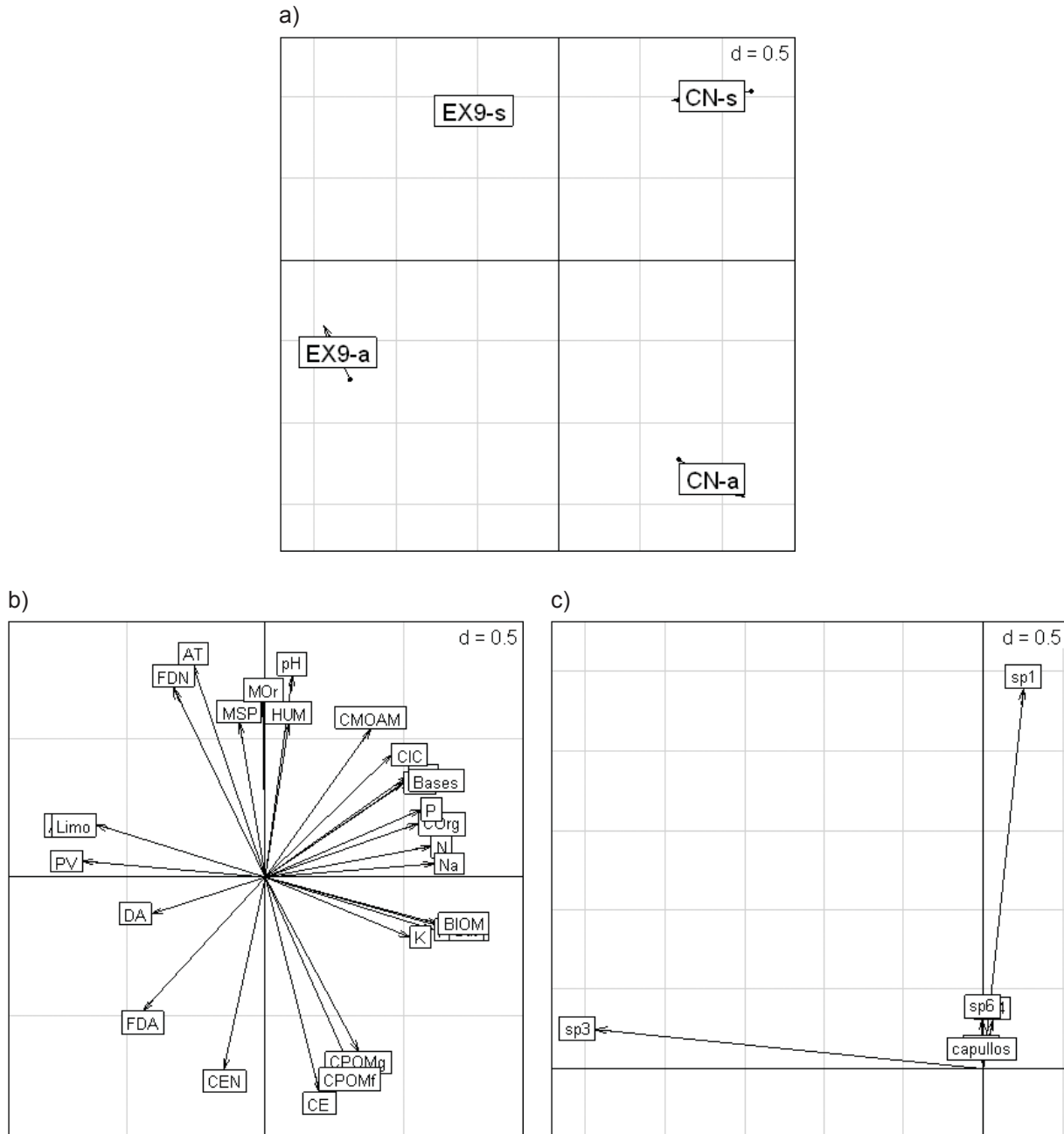
**Cuadro 19.3.** Biomasa (g peso seco/m<sup>2</sup>) promedio de lombrices de tierra y sus capullos y análisis de varianza en las dos épocas de muestreo y en los dos tratamientos del experimento en la UEG-INIA Tacuarembó.

Época de muestreo	Tratamiento <sup>1</sup>	Total <sup>2</sup>	sp. 1	sp. 3 <sup>2</sup>	sp. 4	sp. 5	sp. 6	capullos	No. especies
Abril	EX9	3.42 a	0.20	3.18 a	0	0	0.001	0	3
	CN	0.26 b	0.26	0 b	0	0	0	0.01	1
Septiembre	EX9	2.73 a	0.64	1.93 a	0.02	0.03	0.10	0.03	5
	CN	1.55 b	0.80	0.61 b	0.10	0	0.04	0	4
P (tratamiento)		0.020	n.s.	0.0111	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
P (época de muestreo)		n.s. <sup>3</sup>	0.002	n.s.	0.015	n.s.	n.s.	n.s.	
P (tratamiento*época de muestreo)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

<sup>1</sup> CN = Campo natural pastoreado; EX9 = Exclusión sin pastoreo por 9 años

<sup>2</sup> Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ) para los contrastes de las medias de los usos de la tierra basado en la prueba F.

<sup>3</sup> no significativo



**Figura 19.2.** Análisis de Co-Inercia entre variables ambientales y la biomasa de las morfoespecies encontradas en la UEG-INIA Tacuarembó: a) plano factorial de Co-Inercia de los usos de la tierra; b) y c) proyección de los vectores de las variables ambientales y de la biomasa de las morfoespecies en el plano factorial de Co-Inercia. La punta de la flecha representa la posición del uso de la tierra para la biomasa de las morfoespecies y el otro extremo para las variables ambientales, cuanto mayor es la flecha menor es la relación entre las variables ambientales y la riqueza de la macrofauna. (significado de las abreviaciones en la leyenda de la Figura 19.1).

importantes variaciones en el microclima, en la disponibilidad de recursos y en el hábitat.

En el experimento donde se evalúan distintas intensidades de uso del suelo en siembra directa y con pastoreo (UEPP-INIA Treinta y Tres) no fueron encontradas diferencias tan marcadas como las determinadas por Zerbino & Morón (2003) en un experimento de 40 años que incluye rotaciones cultivo-pasturas en laboreo convencional en la región sur-oeste del Uruguay. Esto podría ser debido a las diferencias en la preparación del suelo de ambos experimentos (laboreo convencional vs. siembra directa) y/o a que los tratamientos evaluados en el presente experimento aún no han tenido tiempo suficiente para ejercer efectos sobre las propiedades del suelo. De hecho, en este experimento las propiedades del suelo de los distintos sistemas de producción tienen un rango de variación menor que en el ensayo de rotaciones de cultivos-pasturas en laboreo convencional.

En CN (UEPP-INIA Treinta y Tres) se registraron los valores más bajos de biomasa total y de las morfoespecies que fueron afectadas por los tratamientos, resultado de la baja densidad poblacional de lombrices en este tratamiento (Zerbino et al., 2006). Esto podría ser consecuencia del cambio en las condiciones de temperatura y humedad del suelo como resultado de la menor cantidad de residuos presentes en la superficie del suelo a causa del pastoreo (Zerbino, 2005). Sin embargo, la baja densidad de lombrices en ecosistemas nativos es común en diversos lugares de Latinoamérica (por ej., Brasil; ver Brown & James, 2007, cap. 20) y en ese caso, las lombrices presentes son principalmente pequeñas, contribuyendo poco, por lo tanto, a la biomasa total.

En los sistemas de producción donde hubo un reemplazo de la vegetación natural, la biomasa de las morfoespecies sp. 1 (Familia Ocnerodrilidae) y sp. 2 (Familia Lumbricidae) varió de acuerdo al grado de intensificación. La sp. 1 parece ser mejor adaptada y la sp. 2 más susceptible a la perturbación. En el sistema de cultivos anuales, donde existe una simplificación muy importante de la vegetación, la riqueza de especies fue menor (3-5 spp.) en relación a los sistemas menos intensivos (4-7 spp.), excepto el CN, donde la diversidad encontrada también fue baja (2-5 spp.). En el muestreo de septiembre fueron encontradas un mayor número de especies encontradas y los valores de biomasa fueron más altos. En ninguna de las dos épocas de muestreo fueron colectados individuos de las especies 2 y 5 en CC. En este uso del suelo se registraron los

mayores valores de biomasa de la sp. 1 lo que indicaría que en este uso del suelo no hubieron restricciones tróficas para esta especie.

Los sistemas menos intensivos, con mayor tiempo de leguminosas en la rotación tuvieron mayor diversidad. Estos sistemas se caracterizaron por tener mejores condiciones físicas y químicas del suelo que CC. A medida que la fase leguminosa tuvo mayor duración se vio favorecida la presencia de la sp. 2. Los usos del suelo RC y RL registraron valores intermedios entre CC y MP respecto a la biomasa de sp. 1 y sp. 2; en ambos sistemas de producción ésta última especie fue predominante.

Los resultados obtenidos para los capullos, demuestran que existe cierta relación entre la producción de capullos y la duración de la fase leguminosa en la rotación. Esto concuerda con Evans & Guild (1948) quienes encontraron que las lombrices producen más capullos cuando son alimentadas con dietas más ricas en nitrógeno. De hecho, el contenido de materia orgánica, el estatus nutricional, el pH, la textura del suelo y el contenido de humedad, determinaron la composición de las comunidades de lombrices de tierra en los tratamientos donde hubo una modificación del tapiz natural.

En el experimento del efecto del pastoreo (UEG-INIA Tacuarembó) se observaron pequeñas diferencias entre tratamientos en la composición de las comunidades aunque no hubo diferencia en la densidad total (Zerbino et al., 2006). Sin embargo, el área excluida del pastoreo presentó mayor biomasa seca total, consecuencia de un mayor número de individuos de la morfoespecie sp. 3 (Familia Glossoscolecidae). En abril se encontraron tres especies en el área sin pastoreo y apenas una en el CN. En septiembre se encontraron cinco especies, pero la sp. 5 solo apareció en el área sin pastoreo.

Las diferencias en la cantidad y calidad de los residuos, así como en las propiedades físicas y químicas del suelo fueron los factores determinantes de los resultados de biomasa obtenidos. Estos indican que el pastoreo rotativo de 14 días con 42 días de descanso afecta en forma diferencial a las especies.

En ambos estudios, en los análisis de Co-Inercia el primer factor de ordenación de las comunidades correspondió a los tratamientos y el segundo factor a la época de muestreo, lo cual indica que a nivel local, en la estructura de las comunidades, el manejo y el tipo de vegetación tiene más importancia que las variaciones climáticas estacionales. Estos resultados son similares a los

obtenidos por Dubs et al. (2004). Este análisis demostró ser una herramienta útil para visualizar las relaciones entre la macrofauna del suelo y el hábitat, permitiendo definir y comparar los ensamblajes biológicos y evaluar el efecto de las perturbaciones.

Los resultados obtenidos en ambos experimentos indican que prácticas de manejo como la siembra directa conjuntamente con la diversificación espacial (pasturas mixtas) y temporal (rotaciones) de especies vegetales y el pastoreo de campo natural, crean diferentes condiciones que determinan la presencia y el predominio de distintas especies de lombrices. Sin embargo, para llegar a conclusiones más precisas sobre las relaciones entre las lombrices y las variables ambientales, es necesario identificar las especies presentes en los distintos tratamientos.

## Agradecimientos

Un especial agradecimiento a George G. Brown, por el apoyo brindado en la participación del primer ELAETAO y a los revisores anónimos por sus comentarios y sugerencias.

## Referencias

ALTIERI, M. **Agroecología**: bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo: Nordan Comunidad. 1999.

ANDERSON, J. M.; INGRAM, J. S. I. **Tropical soil biology and fertility**: a handbook of methods. 2. ed. Wallingford: CAB International, 1993.

BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecología, biodiversidade e biogeografía das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina**: biodiversidade e ecología. Londrina: Embrapa Soja, 2007. Capítulo 20.

EVANS, A. C.; GUILD, W. J. McL. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV. On the life cycles of some British Lumbricidae. **Annals of Applied Biology**, v. 35, p. 471-484, 1948.

DOLÉDEC, S.; CHESSEL, D. Co-Inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. **Freshwater Biology**, v. 31, p. 277-294, 1994.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. Soil health and sustainability. **Advances in Agronomy**, v. 56, p. 1-53, 1996.

DUBS, F.; LAVELLE, P.; BRENNAN, A.; EGGLETON, P.; HAIMI, J.; IVITS, E.; JONES, D.; KEATING, A.; MORENO, A. G.; SCHEIDEGGER, C.; SOUSA, P.; SZEL, G.; WATT, A. Soil macrofauna response to soil, habitat and landscape features of land use intensification: an European gradient study. In: INTERNATIONAL COLLOQUIUM ON SOIL ZOOLOGY AND ECOLOGY, 14., Rouen. **Resumos...** Rouen: Université de Rouen, 2004. p. 252.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v. 42, p. 3-15, 2006.

MORÓN, A.; SAWCHICK, J. Soil quality indicators in a long-term crop-pasture rotation experiment in Uruguay. In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 17., **Proceedings...** Bangkok: ISSS. 2002. 11 p. Symposium n°32, Paper 1327.

TERRA, J.; GARCÍA PRÉCHAC, F. **Siembra directa y rotaciones forrajeras en las lomadas del este**: síntesis 1995–2000. 100 p. 2001. (INIA Serie técnica, n.125 ).

THIOULOUSE, J.; CHESSEL, D.; DOLEDEC, S.; OLIVIER J. M. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. **Statistics and Computing**, v. 7, p. 75-83, 1997.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2004. Disponible em: <<http://www.R-project.org>>

SAS Institute Inc. **SAS/STAT user's guide**, Version 8. Cary: SAS Institute Inc. 1999.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Corvallis: O & B Books. 1982. 374 p.

ZERBINO, M. S. **Evaluación de la densidad, biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes sistemas de producción**. 2005. 92 f. Tesis (Magíster en Ciencias Ambientales) - Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo

ZERBINO, M. S.; MORÓN, A. Macrofauna del suelo y su relación con propiedades físicas y químicas en rotaciones cultivo-pastura. In: MORÓN, A.; DÍAZ, R. (Ed.). **Simposio 40 años de rotaciones agrícolas-ganaderas**, 2003. p. 45-53 (INIA Serie Técnica, n. 134).

ZERBINO, M. S.; RODRÍGUEZ, C.; ALTIER, N. Earthworms in agro-ecosystems of Uruguay. **Caribbean Journal of Science**, v. 42, n. 3, p. 315-324, 2006.