

EVALUACIÓN DE LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LOMBRICES DE TIERRA EN RELACIÓN CON EL USO DEL SUELO EN EL CINTURÓN HORTÍCOLA DE SANTA FE (ARGENTINA)

CAROLINA ELISABET MASÍN^{1*}; ALBA RUT RODRÍGUEZ¹ & MARÍA INÉS MAITRE²

¹ Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral (UNL). Ciudad Universitaria (3000) Santa Fe. Argentina

² Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (UNL - CONICET). Güemes 3450 (3000) Santa Fe. Argentina

* Autor para correspondencia: cemb@hotmail.com

Recibido: 03-09-10

Aceptado: 05-01-11

RESUMEN

Las lombrices de tierra constituyen un componente importante en la fauna del suelo contribuyendo activa y beneficiosamente en su estructura y fertilidad. Estos organismos son sensibles ante distintos manejos y grados de perturbación del suelo respondiendo como bioindicadores de la «salud» del mismo. El Cinturón Hortícola Santafesino (Santa Fe, Argentina) exhibe diferencias no sólo en tipos de cultivos sino también en sistemas de producción y condiciones de trabajo. El objetivo del estudio fue determinar la abundancia y diversidad de la oligoquetofauna en los suelos con distintos tipos de manejo en las localidades de Ángel Gallardo y Monte Vera (Dpto. La Capital, Santa Fe - Argentina). Se seleccionaron tres agroecosistemas: labranza convencional (LC), siembra directa orgánica (SDO) y siembra directa (SD). En cada campo se realizaron dos muestreos, correspondiendo uno a la estación verano y el otro a otoño de 2008. Se analizaron algunas propiedades físicas y químicas de los suelos como también residuos de plaguicidas. La densidad de oligoquetos presentó diferencias por estación y sistemas de producción ($p \leq 0,001$) destacándose el sitio de SDO con el mayor número de individuos en las dos estaciones muestreadas. La taxocenosis constó de dos familias: Lumbricidae y Megascolecidae, y tres especies: *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea trapezoides* y *Amyntas morrissi*. La diversidad fue baja ($H' = 0,33$), siendo *A. rosea* la especie más común en los sitios muestreados y *A. trapezoides* la más abundante, incorporándose esta última a la lista de oligoquetos para la zona hortícola ya que en estudios anteriores no se hallaba registrada. La composición y estructura de la taxocenosis de lombrices de tierra se ve afectada no sólo por las condiciones ambientales y labores de producción, sino también por los parámetros físicos y químicos del suelo, que en conjunto condicionan la sensibilidad de la oligoquetofauna.

Palabras clave. Oligoquetos – suelo – agroecosistema – taxonomía – diversidad – plaguicidas.

MONITORING OF EARTHWORMS POPULATIONS IN THE CINTURÓN HORTÍCOLA SANTA FE (ARGENTINA)

ABSTRACT

Earthworms are an important component of soil fauna, contributing actively to improve soil structure and fertility. These organisms are highly sensitive to different soil managements and degrees of soil disturbance and were therefore adopted as biomarkers of the soil «health». The Cinturón Hortícola Santafesino (Santa Fe, Argentina) exhibits a large variability in crop species, production systems and working conditions. The aim of this study was to determine the abundance and diversity of earthworms in soils under different types of managements near the villages of Ángel Gallardo and Monte Vera (Dept. La Capital, Santa Fe, Argentina). The three agroecosystems selected were: conventional tillage (LC), no-tillage with added organic amendments (SDO) and no-tillage (SD). Two samplings were conducted in each field: one in summer and the other in fall of 2008. In addition, some physical and chemical properties of soils were analyzed, as well as the presence of pesticide residues. The density of oligochaetes showed significant differences between seasons and production systems (≤ 0.001). The SDO site had the greatest number of individuals in the two sampled seasons. The taxocenosis consisted of two families: Lumbricidae and Megascolecidae, and three species: *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea trapezoides* and *Amyntas morrissi*. The diversity was low ($H' = 0.33$), resulting *A. rosea* the most common and *A. trapezoides* the most abundant species, respectively. *A. trapezoides* was incorporated to the earthworm records of the area because it had never been reported in previous studies. The composition and structure of the earthworm's taxonomy is not only affected by the different agricultural practices and the edaphic and environmental conditions, but also by the soil's physical and chemical properties that influence the oligoquetofauna sensitivity.

Key words. Earthworms – soil – agroecosystem – taxonomy – diversity – pesticide.

INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra conocidas como Megadrilos ejercen una marcada influencia en los suelos donde habitan y junto a otros organismos edáficos (*e.g.*: microorganismos, meso y macrofauna) constituyen una biocenosis particular que a su vez está determinada por las condiciones de vida que le ofrece el respectivo biotopo (Mischis, 1991).

Caracterizados funcionalmente como importantes «ingenieros del ecosistema edáfico» (Lavelle, 1997; Jiménez *et al.*, 2001a) las lombrices de tierra son capaces de modificar el suelo a través de sus actividades mecánicas (Lavelle, 1997) al mismo tiempo que producen estructuras físicas a través de las cuales pueden modificar la disponibilidad o accesibilidad de un recurso para otros organismos (Lavelle *et al.*, 1994; Kladivko, 2001). Su importancia radica no sólo en el efecto directo sobre el suelo sino también en que son importantes reguladores de la actividad microbiana (Coleman *et al.*, 2004). Es así, que a partir de ello se han constituido en uno de los grupos más adecuados para evaluar la calidad del suelo, sumado a la alta sensibilidad que presentan frente a los cambios del entorno edáfico (Edwards & Bohlen, 1996). El efecto de los oligoquetos terrestres sobre el suelo varía en como se reparten los recursos y las funciones en el mismo clasificándose funcionalmente en tres categorías ecológicas: epígeas, endógeas y anécicas (Bouché 1972, 1977; Lavelle *et al.*, 1989). Las epígeas fragmentan la hojarasca, y las anécicas como las endógeas producen pequeños y grandes agregados en la estructura del suelo, combinando la materia orgánica finamente particulada con la fracción inorgánica.

El suelo es un recurso crítico no sólo para la producción y soberanía alimentaria sino para el mantenimiento de la mayoría de los procesos de la vida y de la calidad ambiental local, regional y global (Doran & Zeiss, 2000). Es importante conocer e identificar que no todos los sistemas de producción presentan prácticas sustentables del uso de la tierra sino que muchas veces el grado de perturbación y reducción de biodiversidad es alarmante. El Cinturón Hortícola Santafesino (31°32'54,50'' S y 60°40'41,64'' O -Santa Fe-Argentina) es una zona destacada por la producción de verduras y hortalizas. Si bien esta franja productiva era netamente hortícola, en la actualidad incorpora cultivos agrícolas (soja, trigo y maíz, entre otros) introduciendo cambios en las prácticas de labranza antes empleadas (Rodríguez, 2007). De manera, que hace unos años la labranza reducida, la siembra directa como la incorporación de abono orgánico, han sido más utilizadas respecto al sistema convencional, siendo menos agresivas para las poblaciones de oligoquetos terrestres (Mijangos *et al.*, 2005; Gizzi *et al.*, 2006). Esto se explica a partir de que el daño mecánico no es directo, el contenido de humedad del suelo es mayor y se conserva

una capa superficial de material vegetal beneficiando la biota edáfica. Más allá que estas particularidades influyen de manera significativa en la presencia, riqueza, densidad y diversidad de lombrices de tierra hay diferencias en contraste con suelos de pastizales naturales (Calvin *et al.*, 1987; Paoletti, 1999; Zerbino *et al.*, 2006).

A pesar de la destacada importancia que presentan estos organismos, en la provincia de Santa Fe son escasas las investigaciones realizadas sobre taxonomía, ecología y distribución geográfica de oligoquetos terrestres.

Los objetivos de este estudio fueron:

- i) estudiar la abundancia y diversidad de la oligoquetofauna en suelos con distintos tipos de manejo localizados en el Cinturón Hortícola Santafesino,
- ii) evaluar la densidad de los oligoquetos presentes en los sitios en estudio.
- iii) estudiar el efecto de los sistemas de producción sobre la oligoquetofauna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en Ángel Gallardo (31°34'47'' S y 60°41'4'' O) y Monte Vera (31°30'54'' S, 60°40'24'' O), localidades que forman parte del Cinturón Hortícola Santafesino, provincia de Santa Fe - Argentina. Se seleccionaron tres agroecosistemas, cada uno con características particulares respecto a tipos de cultivo, manejo del suelo y niveles de perturbación. En cada uno de los campos estudiados se realizaron dos muestreos, correspondientes a las estaciones de verano 2007/08 y otoño 2008.

Caracterización de los sitios de muestreo

El trabajo se realizó en tres sitios con diferentes sistemas de producción:

- Sitio **LC** (Labranza Convencional): localizado en Ángel Gallardo. La práctica de horticultura data desde hace 40 años mediante labranza convencional, con sistema de riego hace 15 años, actualmente también se siembran cereales. En el muestreo de verano el sitio presentaba cultivos de lechuga, cebolla de verdeo y moha. La dosis de aplicación de los plaguicidas sintéticos fueron: cipermetrina (150 cm³ ha⁻¹), endosulfan (150 cm³ ha⁻¹), glifosato (2 L ha⁻¹), lambdacialotrina (1,5 L ha⁻¹) y clorpirifos (120 cm³ ha⁻¹) e inorgánico (sulfato de cobre a razón de 20 g ha⁻¹) de acuerdo al cultivo de estación. En el muestreo de otoño los cultivos eran cebolla de verdeo, batata, trigo e higos.
- Sitio **SDO** (Siembra Directa con aporte de abono Orgánico): ubicado en Monte Vera. Su historia hortícola previa consistió en 45 años de laboreo continuo de cultivos de lechuga, tomate, repollo, cebolla de verdeo, zapallo, entre los más destacados; a partir de 2004 se reemplazó la horti-

cultura por cultivos agrícolas de soja, trigo y alfalfa mediante Siembra Directa. La incorporación de materia orgánica (estiércol de gallina + cascarilla de arroz) data desde hace 20 años. Al momento del muestreo de verano el sitio mostraba cultivo de soja, que fue tratado con glifosato (800 cm³ ha⁻¹), endosulfán (150 cm³ ha⁻¹) y cipermetrina (150 cm³ ha⁻¹). En el muestreo de otoño el campo presentaba cultivo de alfalfa.

- Sitio SD (Siembra Directa): localizado en Monte Vera, pertenece a la Estación Experimental INTA Monte Vera y es utilizado para realizar ensayos con cultivos extensivos de soja, alfalfa, y trigo con práctica de siembra directa y labranza mínima. En el muestreo de verano el suelo estaba en descanso y presentaba rebrote de gramíneas. En el muestreo de otoño el cultivo presente fue alfalfa, habiéndose aplicado 5 kg ha⁻¹ de glifosato antes de la siembra.

La caracterización de los suelos de los sitios seleccionados corresponden a Molisoles del gran grupo Argiudoles Típicos y Aúlicos (Panigatti & Hein, 1981).

Diseño de muestreo

En cada uno de los sitios el diseño experimental consistió en el trazado de una transecta diagonal a lo largo de la cual se extrajeron 15 bloques-réplicas de 30 x 30 x 30 cm por cada muestra. La distancia de extracción varió entre 12 y 18 metros para asegurar independencia de los datos entre bloques. En laboratorio se realizó la revisión y colecta manual de las lombrices de tierra y ootecas (cápsulas o capullos) presentes. Los ejemplares sexualmente maduros se anestesiaron y conservaron siguiendo la metodología de Moreno y Borges (2004). Para la identificación de los individuos se utilizó Microscopio Estereoscópico binocular y la diagnosis específica se realizó siguiendo la taxonomía de Mischis, 1991.

Se determinaron riqueza de especies S, diversidad de especies de Shannon-Wiener H' (1) y equitatividad de Pielou J' (2), siguiendo a Moreno (2001):

- 1) Diversidad de especies

$$H' = -\sum p_i \cdot \ln p_i$$

donde: $p_i = n_i/N$; n_i = abundancia para la especie i; N= total de individuos de todas las especies

- 2) Equidad de Pielou

$$J' = H' / H'_{\max}$$

donde: H' = Índice de Diversidad; $H'_{\max} = \ln S$; S: total de especies

Finalizada la extracción y conteo de oligoquetos se tomó una muestra de suelo de cada uno de los sitios seleccionados para la determinación de los análisis físicos y químicos de los suelos siguiendo la norma IRAM (Lab. IDICYT- UCSF). Cada muestra consistió en la mezcla de suelo de los bloques-réplicas extraídos de cada campo durante las 2 estaciones (verano-otoño). Por cuarteo se extrajo 1 kg de la mezcla de los respectivos sitios, que luego fueron enviadas al Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas (IDICYT) de la Facultad de Ingeniería, Geocología y Medio Ambiente (UCSF). Para la determinación de residuos de plaguicidas se procedió de igual forma que para los análisis físicos y químicos derivándose las muestras al Laboratorio de Medio Ambiente (INTEC – UNL). Los residuos de insecticidas se determinaron por GC y los herbicidas por HPLC.

Para la comparación de medias se utilizó ANOVA y Test Múltiple de Tukey (p<0,05) contenidos en el programa SPSS Statistics 17.0, considerando los sistemas de labranza como tratamientos.

RESULTADOS

Propiedades físicas y químicas del suelo y acción de plaguicidas

En la Tabla 1 se presentan los resultados de las propiedades físicas y químicas de los sitios en estudio. El pH del suelo de los agroecosistemas con SDO y SD presentaron valores similares en relación al de LC; el porcentaje

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del suelo y especies colectadas de los sitios estudiados.
Table 1. Physical and chemicals properties of soil and species collected from the studied sites.

Características	Sitios					
	LC		SDO		SD	
Especies colectadas	<i>A. rosea</i>	<i>A. rosea</i>	<i>A. trapezoides</i>	<i>A. morrissi</i>	<i>A. rosea</i>	<i>A. trapezoides</i>
Total de individuos adultos	1	3	21	5	1	2
pH	7,2		6,6			6,5
Materia Orgánica (g%)	1,53		2,04			2,8
C (g%)	0,89		1,18			1,63
N (g%)	0,166		0,167			0,168
C/N (g%)	5		7			10
Conductividad (mmhos/cm)	0,77		0,477			0,462
C.I.C						
Ca ⁺⁺ (me/100g)	7,2		15,6			16
Mg ⁺⁺ (me/100g)	2,8		2,4			3,2
Na ⁺ (me/100g)	0,7		0,6			0,82
K ⁺ (me/100g)	1,44		1,08			2

de materia orgánica (MO) del suelo como el de carbono (C) y la relación carbono/nitrógeno (C/N) fueron mayores en el de SD siguiendo el de SDO y por último el de LC. En cuanto a conductividad (mmhos/cm) fue mayor en LC. Respecto a la capacidad de intercambio catiónico (CIC) los valores fueron disímiles en cada sitio, siendo los más altos en el de SD.

No se registraron residuos de plaguicidas mayores al nivel de detección del instrumental utilizado. Sin embargo, ello no significa que las aplicaciones continuas de estos tóxicos no afecten la oligoquetofauna a futuro.

Lombrices de tierra (*Annelida, Oligochaeta*)

La abundancia de oligoquetos terrestres mostró diferencias altamente significativas por estaciones de muestreo y sistemas de producción ($p \leq 0,001$). El mayor número de organismos lo exhibió el sitio de SDO con un total de 167, de los cuales 97 fueron registrados en verano y 70 en otoño. El sitio con SD registró un total de 96 individuos, 59 en verano y 37 en otoño. En tanto que el sitio con sistema de LC mostró el número más bajo de oligoquetos en las dos estaciones, con un total de 63, 54 en verano y 9 organismos en otoño (Tabla 2). Del total de los oligoquetos colectados durante las dos estaciones en los sitios estudiados, fueron inmaduros (juveniles) entre el 82 y el 98% (Fig. 1). Respecto a ootecas, tanto el número y tamaño promedio variaron en cada sitio durante los muestreos verano-otoño; así en el sitio de SDO los valores fueron 17 y 5,22 x 3,14

mm respectivamente; mientras que en los sitios de LC y SD fueron 1 y 3,4 x 2,1 mm; 4 y 3,17 x 2,45 mm respectivamente.

La taxocenosis determinada en individuos adultos encontrados en los sitios de estudio, estuvo representada por *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea trapezoides* y *Amyntas morrissi*. El sitio con SDO presentó el valor más alto de riqueza de especies (3), siguiendo el de SD (2) y el de LC (1) (Tabla 2). Los índices de diversidad de especies fueron bajos pero entre ellos el valor más alto fue en el sitio de SDO ($H' = 0,33$).

La densidad total resultó significativa tanto entre sistemas de producción como por estación ($p = 0,002$). El sitio con SDO mostró la mayor densidad en verano (72 ind./m²) y otoño (52 ind./m²), mientras que los sitios de LC y de SD presentaron valores similares en verano (46 ind./m² y 44 ind./m², respectivamente) pero no así en otoño donde la diferencia fue marcada, registrándose para el de SD 23 ind./m² y el de LC 7 ind./m².

Las tres especies registradas son de origen exótico, perteneciendo a la categoría ecológica endógena *A. rosea* y *A. trapezoides*, y epiendógena a *A. morrissi*.

DISCUSIÓN

La producción hortícola intensiva y la agrícola forman parte de las actividades que afectan a la biodiversidad de los suelos. Pero el nivel de mortalidad de la edafofauna directamente asociada con el cultivo del suelo, depende

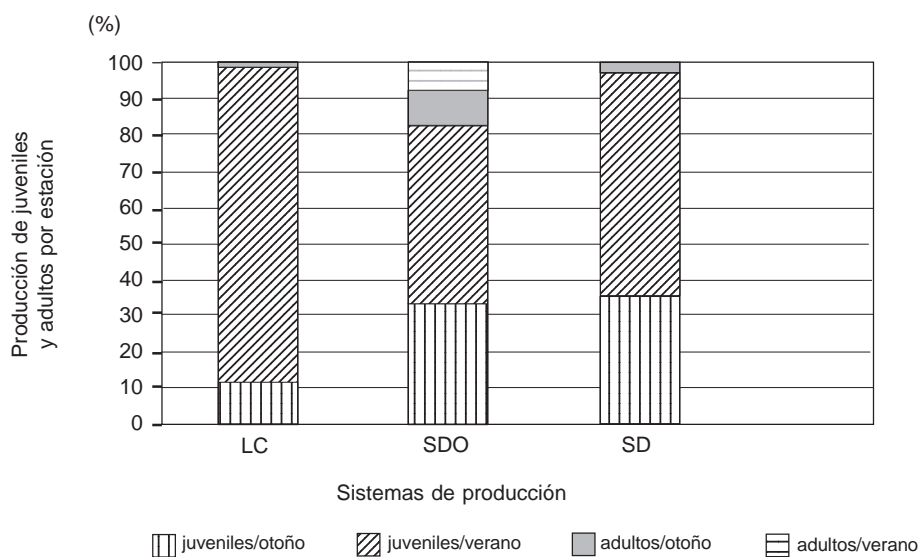


Figura 1. Proporción de lombrices de tierra (juveniles y adultos) en los diferentes sistemas producción durante las estaciones verano y otoño.
Figure 1. Proportion of earthworms (juveniles and adults) in different production systems during summer and autumn seasons.

Tabla 2. Índices ecológicos de los tres ambientes muestreados.

Table 2: Ecological indexes of the three environments sampled.

Sitio de muestreo	Índices ecológicos				
	Abundancia (Nº ind. adultos y juveniles)	Riqueza de especie (S)	Diversidad (H')	Equidad (J')	Densidad (ind./m ²)
Labranza convencional (LC)	Total:63 Verano: 54 Otoño: 9	1	0		Verano: 46 Otoño: 7
Siembra directa con abono orgánico (SDO)	Total:167 Verano: 97 Otoño: 70	3	0,33	0,69	Verano: 72 Otoño: 52
Siembra directa (SD)	Total:96 Verano: 59 Otoño: 37	2	0,28	0,93	Verano: 44 Otoño: 23

Los valores de abundancia y densidad fueron considerados por estación (verano-otoño).

The values of abundance and density were considered by season (summer-autumn).

tanto de la severidad y frecuencia de la perturbación como de las prácticas de producción (Lee, 1987; Curry *et al.*, 2008).

La diferencia entre los valores de abundancia, densidad y diversidad de especies entre los distintos sitios del presente estudio se atribuye a la dinámica que las lombrices de tierra manifiestan con la estación del año y los sistemas de producción, donde intervienen significativamente no sólo los factores ambientales, disponibilidad de recurso alimenticio y, características edáficas sino también las prácticas de manejo (Valle *et al.*, 1997; Clemente *et al.*, 2003).

Durante los meses de verano, la zona del Cinturón Hortícola registró lluvias frecuentes, por lo cual las condiciones de humedad de los suelos estudiados sumado a la presencia de cobertura vegetal, permitieron un ambiente favorable para el desarrollo de los organismos edáficos. Este mayor registro de lluvias influyó en el hecho de obtener valores superiores de densidad de oligoquetos en los 3 sitios respecto al muestreo de otoño; estos resultados son coincidentes con el trabajo de Aragonés (2000) sobre oligoquetos presentes en ecosistemas perturbados.

La siembra directa, la labranza mínima, como la incorporación de abono orgánico son algunas de las prácticas de manejo que apuntan a la reducción de la actividad mecánica, incorporación de materia orgánica, conservación de la humedad y desarrollo de la biota edáfica, favoreciendo y manteniendo el suelo en buenas condiciones. Esto no coincide con lo expresado por varios autores en el sentido que la diversidad y densidad disminuyen en

ambientes tratados (Edwards, 1983; Edwards & Shipitalo, 1998; Zerbino *et al.*, 2006).

Tanto en el sitio SDO como en SD se encontraron buenos valores de MO (Tabla 1), obteniéndose en el sitio SD una relación C/N de 10 favorecido por el cultivo de alfalfa suplementario que incrementa la fertilidad del suelo. Por el contrario, en el sitio de LC la baja cantidad de MO sumado a la remoción permanente del suelo, puede haber influido en el escaso número de oligoquetos registrados (Tabla 2).

Los tres sitios muestreados, en especial el de SDO y SD, presentaban el suelo con cubierta vegetal. Según Evans & McGuild, 1948; Edwards, 1983; Dotson & Kalisz, 1989; Falco *et al.*, 1995, el laboreo y la cobertura vegetal constituyen factores relevantes en la distribución, abundancia y diversidad de las lombrices de tierra. Por lo tanto, del manejo que se haga del suelo no sólo se modifican sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas sino también su biota comprometiendo así sus «funciones ecosistémicas» (Domínguez *et al.*, 2009).

Otros factores significativos en la distribución de la oligoquetofauna son el régimen de humedad, la temperatura y el contenido de materia orgánica (Satchell, 1967; Ljungström & Emiliani, 1971; Ljungström, 1971; Ljungström *et al.*, 1972, 1973; Calvin & Díaz Cosin, 1985; Lee, 1985; Andersen, 1987; Scullion & Ramshaw, 1987; Lal, 1988; Terhivuo, 1989; Momo *et al.*, 1993; Mather & Christensen, 1998).

La magnitud de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) de un suelo depende de su composición, donde el

material húmico es un condicionante relevante para el mismo, influyendo entre otras propiedades en la retención y accesibilidad de nutrientes para los organismos edáficos (Doménech & Peral, 2006). Entre los agroecosistemas donde el número de oligoquetos fue significativo, la CIC para los cationes: Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ presentes en el suelo fue substancial. La importancia de estos iones radica en que constituyen nutrientes, por lo tanto, su almacenamiento como disponibilidad a través de procesos de intercambio propician el crecimiento de biomasa. De manera que los residuos que genere esta biomasa, principalmente vegetal, serán el material original o de partida de la materia orgánica del suelo (Doménech & Peral, 2006) de la cual depende la edaofauna.

Según Calvin & Díaz Cosin (1985) el pH es el factor más significativo para explicar la distribución de las especies, y de acuerdo con Mischis (1998), hay una relación positiva entre dicho factor y la abundancia de lombrices. Sin embargo, hay considerables diferencias entre las especies en su preferencia de pH, aunque la mayoría de las especies de clima templados se encuentran en un rango de 5 a 7,4 (Edwards & Schipitalo, 1998). Es así que los ejemplares del género *Aporrectodea* se encontraron en suelos donde el pH variaba entre 6,5 y 7,2 (Tabla 1), lo que no sorprende que estos organismos sean levemente acidófilos (Calvin & Díaz Cosin, 1985; Lofs Holmin, 1986; Momo *et al.*, 1993) a neutrófilos e incluso basófilos (Moreno & Díaz Cosin, 1979; Mischis, 1998). En tanto, *A. morrisi* ha sido registrada en el sitio de SDO, donde el pH fue de 6,6 levemente ácido.

La presencia o ausencia y la abundancia de especies nativas y/o exóticas se ve condicionada por el manejo que se hace del suelo (Huerta *et al.*, 2005). Las tres especies colectadas son exóticas y en cuanto a categorías ecológicas *A. rosea* y *A. trapezoides* se caracterizaron como endógeas, mientras que *A. morrisi* se incluye entre las epiendógeas (Falco *et al.*, 1995; Momo *et al.*, 2003; Herrera & Mischis, 2007). La primer especie se encontró en los tres sitios muestreados, la segunda en los sitios de SDO y SD, y *A. morrisi* sólo en el de SDO. Los resultados obtenidos coinciden con referencias señaladas por otros autores (Momo *et al.*, 1993; Terhivuo, 1988; Mato *et al.*, 1988; Momo *et al.*, 2003), donde el género *Aporrectodea* se caracteriza por ser eurioica, hallándose en suelos con estabilidad estructural buena a deteriorada, cuya transición marca su abundancia; por lo cual son responsables del mantenimiento de la fertilidad en suelos de pastoreo y agricultura (Bouché, 1972; Hutchinson, 1981; Abbott, 1985; Lavelle *et al.*, 1987; Lee, 1987). En cambio, *A. morrisi* requiere de concentraciones altas de materia orgánica, característica de suelos menos perturbados o de buena estabilidad estructural (Momo *et al.*, 2003). El hecho de no hallar especies epígeas, es debido a que en los tres sitios estudiados, las distintas prácticas de labranza perturban el mantillo, hábitat natural de dichas especies.

Un aspecto relevante del estudio fue que gran parte de los individuos colectados, particularmente los del sitio de LC fueron juveniles, con grado de desarrollo menor, como así también algunos en estado de diapausa, durante la estación de otoño. Esto podría deberse al bajo contenido de humedad en el suelo, las altas temperaturas y escasas precipitaciones registradas durante esa estación.

Si bien no se han encontrado residuos de plaguicidas en los distintos sitios de estudio, Edwards & Bohlen (1996) reportan que la toxicidad de los distintos plaguicidas utilizados responden a un amplio rango de factores que interaccionan simultáneamente; entre ellos las propiedades del plaguicida, la ruta de exposición del mismo, el tipo de suelo, las condiciones ambientales y edáficas como también las especies de oligoquetos presentes y su comportamiento. Respecto a las características del suelo el contenido de humedad y la proporción de arcilla y materia orgánica presente, pueden afectar los procesos de adsorción-desorción de los plaguicidas y por ende su toxicidad sobre la fauna edáfica. En este sentido, la escasa humedad en el suelo puede disminuir la toxicidad de algunos plaguicidas por competencia respecto de la adsorción sobre los coloides o materia orgánica condicionando la biodisponibilidad del mismo. En tanto que si aumenta el contenido de humedad los plaguicidas son lixiviados a las capas más profundas del perfil del suelo. Otro aspecto a tener en cuenta es la temperatura ya que puede afectar no sólo la presión de vapor del plaguicida sino también su solubilidad en agua y por lo tanto influir en la velocidad de incorporación a los tejidos de las lombrices.

Por otra parte, los juveniles pueden verse afectados severamente por los plaguicidas debido a su incapacidad de cavar rápidamente verdaderas galerías en el suelo tal como lo hacen las adultas. Éstas pueden refugiarse en las capas más profundas del perfil del suelo realizando galerías recubiertas por mucus, que las vuelve impermeables (Edwards & Bohlen, 1996).

CONCLUSIONES

Los efectos de los sistemas de producción desarrollados en los agroecosistemas y la estación del año influyen en la fauna del suelo, particularmente en la composición y en la estructura de la taxocenosis de los oligoquetos terrestres.

Es interesante destacar que en anteriores trabajos de investigación sobre taxonomía de oligoquetos terrestres en la provincia de Santa Fe, específicamente la zona del «Cinturón Hortícola Santafesino» no registraban la especie *A. trapezoides*.

No se registraron residuos de plaguicidas mayores al nivel de detección del instrumental utilizado. Sin embargo, ello no significa que las aplicaciones continuas de estos tóxicos no afecten la oligoquetofauna a futuro.

Tanto las funciones ecosistémicas del suelo como la biota presente en el perfil se ven influenciadas por el tipo de manejo que se aplica, siendo el sitio SDO el más favorable para el desarrollo de la oligoquetofauna.

Los resultados obtenidos amplían y actualizan los conocimientos sobre taxocenosis de oligoquetos terrestres presentes en suelos del Cinturón Hortícola Santafesino.

Es de interés continuar desarrollando esta línea de investigación, para contrastar los resultados obtenidos en el presente trabajo con áreas no cultivadas tales como pastizal natural.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los directivos de la EEA INTA Monte Vera y del Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC) y al grupo de Medio Ambiente por facilitar los laboratorios para la realización de este trabajo, en el marco del CAI+D'2006 Proyecto de Investigación y Desarrollo (PI), de la Univ. Nac. del Litoral. Un especial agradecimiento al Dr. Fernando Momo por su valiosa colaboración y participación en la corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbott, I. 1985. Distribution of introduced earthworms in the Northern Jarrah Forest of Western Australia. *Aust. J. Soil Res.* 23: 263-270.
- Andersen, NC. 1987. Investigation of ecology of earthworms (Lumbricidae) in arable soil. Royal Veterinary and Agricultural University. Copenhagen. 195 pp.
- Aragónés, CR. 2000. Comunidades de lombrices de tierra (*Annelida: Oligochaeta*) en ecosistemas con diferentes grados de perturbación. *Revista Biológica* 14(2): 147-155.
- Bouché, M. 1972. Lombriciens de France. Ecologie et systématique. *Ann. Zool., Ecol. Anim.* 6. 671 pp.
- Bouché, M. 1977. Stratégies lombriciennes. *Ecol. Bull.* 25: 122-132.
- Calvin, E & DJ Díaz Cosin. 1985. Lombrices de tierra del valle del Tambre (Galicia, España). I. Relación con los factores del suelo. *Rev. Ecol. Biol. Sol.* 22: 341-351.
- Calvin, EB; R Mascato; S Mato & DJ Díaz Cosin, 1987. Fauna de lombrices de tierra del Valle del Tambre (La Coruña). II. Cultivos, prados y estudio conjunto. Universidad de Santiago. Santiago de Compostela. España.
- Clemente, NL; AN López; AM Vincini; HAA Castillo; DM Carmona; PL Manetti & S San Martino. 2003. Abundancia de Megadrilos (*Annelida: Oligochaeta*) en diferentes sistemas de producción. *Ciencia del Suelo* 21(2): 35-43.
- Coleman, DC; DA Crossley & PF Hendrix. 2004. Fundamentals of Soil Ecology. Second Edition. Elsevier Academic Press. USA.
- Curry, JP; P Doherty; G Purvis & O Schmidt. 2008. Relationships between earthworm populations and management intensity in cattle-grazed pastures in Ireland. *Applied Soil Ecology* 39: 58-64
- Doménech, X & J Peral. 2006. Química Ambiental de sistemas terrestres. Editorial Revertè, S.A. España.
- Domínguez, A; JC Bedano & AR Becker. 2009. Cambios en la comunidad de lombrices de tierra (*Annelida: Lumbricina*) como consecuencia del uso de la técnica de siembra directa en el centro-sur de Córdoba, Argentina. *Ciencia del Suelo* 27(1): 11-19.
- Doran, JW & MR Zeiss. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- Dotson, DB & PJ Kalisz. 1989. Characteristics and ecological relationships of earthworm assemblages in undisturbed forest soils in the southern Appalachians of Kentucky, USA. *Pedobiología* 33: 211-220..
- Edwards, CA. 1983. Earthworm Ecology: from Darwin from vermiculture. Satchell Ed. Chapman & Hall. London.
- Edwards, CA & PJ Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworms. Third ed. Chapman and Hall, London. 426p
- Edwards, WM. & MJ Shipitalo. 1998. Consequences of earthworms in agricultural soils: aggregation and porosity. *In: Earthworms ecology.* CRC Press LLC.
- Evans, AC & J McGuild. 1948. Studies on the relationships between earthworms and soil fertility. IV on the life cycles of some British Lumbricidae. *Applied Biology* 35: 471-484.
- Falco, LB; FR Momo & EB Craig. 1995. Asociación de lombrices de tierra y su relación con la cobertura vegetal en suelos forestados de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural*, 68: 523-528.
- Gizzi, AH; HA Álvarez Castillo; PL Manetti; AN López; NL Clemente & GA Studdert. 2006. Caracterización de la Meso y de la macrofauna edáfica en sistemas de cultivo del sudeste bonaerense. Presentado al XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta-Jujuy. Argentina.
- Herrera, JAD & CC Mischis. 2007. Lombrices de tierra de las Yungas: taxonomía, biogeografía y ecología en áreas de selva subtropical (provincia de Jujuy, Argentina). *En: Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia.* (eds.) Brown GG & Fragoso C. Londrina, Brasil. 539 p.
- Huerta, E; J Rodríguez-Olán; E Castillo; E Montejo-Meneses; M de la Cruz-Mondragón & R García-Hernández. 2005. La diversidad de lombrices de tierra (*Annelida, Oligochaeta*) en el estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia* 21(42): 73-83.
- Hutchinson, GE. 1981. Introducción a la ecología de poblaciones. Ediciones Blume, Barcelona.
- Jimenez, JJ; T Decaëns; RT Thomas & Lavelle. 2001a. Chapter 1: Soil Macrofauna: An available but little-known natural resource. *In: Jiménez, JJ & RT Thomas (eds.) Nature's plow: soil macroinvertebrate communities in the neotropical savannas of Colombia.* Ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
- Kladivko, EJ. 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil & Tillage Research* 61: 61-76.

- Lal, R. 1988. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. *Agricultural, Ecosystems and Environment* 24: 101-106.
- Lavelle, P; I Barois; C Cruz; A Frago; A Hernández, A Pineda & P Rangel. 1987. Adaptive strategies of *Pontoscolex corethrurus* (*Glossoscolecidae*, *Oligochaeta*), a peregrine geophagous earthworms of the humid tropics. *Biol. Fertil. Soils*. 5:188-194.
- Lavelle, P; I Barois; A Martin; Z Zaidi & R Schaefer. 1989. Management of earthworm populations in agroecosystems: A possible way to maintain soil quality? *Ecology of Arable Land*: 109-122.
- Lavelle, P; M Dangerfield; C Frago; V Eschenbrenner; D López-Hernández; B Pashanasi & L Brussaard. 1994. Chapter 6: The relationship between soil macrofauna and tropical fertility. *In: The Biological management of tropical Soil Fertility*. Woormer, PL & MJ Swift eds. TSBF. A Wiley-Sayce Publication.
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research* 27: 93-102.
- Lee, KE. 1985. Earthworms. Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, Sydney.
- Lee, KE. 1987. Peregrine species of earthworms. *In: AM Bonvicini and P Omodeo (eds.) On Earthworms Selected Symposia and Monographs U. Z. I., 2, Mucchi, Modena, Italy: 315-328.*
- Ljungström OP & F Emiliani. 1971. Contribución al conocimiento de la ecología y distribución geográfica de las lombrices de tierra (Oligoquetos) de la provincia de Santa Fe, Argentina. *IDIA* (284): 19-32.
- Ljungström, PO. 1971. Sistemática de los oligoquetos argentinos. *Asoc. Cien. Nat. Lit.* N° 2: 39-42.
- Ljungström, OP. 1971. Ecología y distribución geográfica de los oligoquetos (lombrices de tierra) santafesinos. *Asoc. Cien. Nat. Lit.* N° 2: 43-45.
- Ljungström, OP; J Priano & J de Orellana. 1972. Relación entre lombrices y composición del suelo. *Asoc. Cien. Nat. Lit.* 3: 93-99.
- Lofs Holmin, A. 1986. Occurrence of eleven earthworm species (Lumbricidae) in permanent pastures in relation to soil-pH. *Swedish J. Res.* 16: 161-165.
- Mather, FR. & O Christensen. 1998. Surface movements of earthworms in agricultural land. *Pedobiología* 32: 399-405.
- Mato, S; R Mascato; D Trigo & DJ Díaz Cosin. 1988. Vertical distribution in soil of earthworms in Sierra del Caurel. 1. Species and vegetation types. *Pedobiología* 32: 193-200.
- Mijangos, I; R Pérez; I Albizu & C Garbisu. 2005. Effects of fertilization and tillage on soil biological parameters. *Enzyme and Microbial Technology* 40(2006): 100-106.
- Mischis, CC. 1991. Las lombrices de tierra (*Annelida*, *Oligochaeta*) de la Provincia de Córdoba, Argentina. *Bol. Academia Nacional de Ciencias Córdoba* 59(3-4): 187-237.
- Mischis, CC. 1998. Diversidad, patrones de distribución y estructura comunitaria de la oligoquetofauna terrestre de las Sierras Chicas de la Prov. de Cba., Argentina. Tesis de doctorado. 141 pp.
- Momo, F; C Giovanetti & L Malacalza. 1993. Relación entre la abundancia de distintas especies de lombrices de tierra (*Annelida*, *Oligochaeta*) y algunos parámetros fisicoquímicos en un suelo típico de la estepa pampeana. Publicación de la Asociación Argentina de Ecología. Universidad Nacional de Luján. Bs. As. Argentina.
- Momo, FR; LB Falco & EB Craig. 2003. Las lombrices de tierra como indicadores del deterioro del suelo. Vol. 8, p 55-63.
- Moreno, AG & DJ Díaz Cosin. 1979. Estudio autoecológico preliminar de una población de lombrices de tierra de la Ciudad Universitaria de Madrid. *Bol. R. Soc. España. Hist. Nat. (Biol.)*, 77: 329-348.
- Moreno, AG & S Borges. 2004. Avances en taxonomía de lombrices de tierra. Editorial Complutense.
- Panigatti, JL & N Hein. 1981. Epipedones antrópicos en la Provincia de Santa Fe. *Bol. Informativo* N° 42. AACs. 9-13.
- Paoletti, MG. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 137-155.
- Rodríguez, AR. 2007. Provincia de Santa Fe Sur. p: 247-276. *En: Estudio Colaborativo Multicéntrico La problemática de los agroquímicos y sus envases, su incidencia en la salud de los trabajadores, la población expuesta y el ambiente.* Ed. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, OPS y AAMMA. 1ª Ed. Buenos Aires.
- Satchell, JE. 1967. Lumbricidae. *In: Burges A & Raw, F (eds.) Soil Biology: 308-374.* Academic Press, London.
- Scullion, J & G Ramshaw. 1987. Effects of various manurial treatments on earthworms activity in grassland. *Biological Agriculture and Horticulture* 4: 271-281.
- Terhivuo, J. 1988. The Finnish Lumbricidae (*Oligochaeta*) fauna and its formation. *Ann. Zool. Fennici.* 25: 229-247.
- Terhivuo, J. 1989. The Lumbricidae (*Oligochaeta*) of southern Finland: species assemblages, numbers, biomass and respiration. *Annales Zoologici Fennici* 26: 1-23.
- Valle, JV; RP Moro; MH Garvin; D Trigo & DJ Díaz Cosin. 1997. Annual dynamics of the earthworm *Hormogaster elisae* (*Oligochaeta*, *Hormogastridae*) in Central Spain. *Soil Biol. Biochem.* 29: 309-312.
- Zerbino, MS; C Rodríguez & N Altier. 2006. Earthworms in agroecosystems of Uruguay. *Caribbean Journal of Science* 42(3): 315-324.