

## MACROFAUNA EDÁFICA ASOCIADA A DIFERENTES AMBIENTES DE UN VIVERO FORESTAL (SANTA FE, ARGENTINA)

CAROLINA ELISABET MASIN\*<sup>1</sup>; MARÍA SOLEDAD CRUZ<sup>2</sup>; ALBA RUT RODRÍGUEZ<sup>1,2</sup>; MARIANO JOSÉ DEMONTE<sup>2</sup>; LETICIA ANTONIA VUIZOT<sup>2</sup>; MARÍA INÉS MAITRE<sup>1</sup>; JOSÉ LUIS GODOY<sup>1</sup> & MELINA SOLEDAD ALMADA<sup>3</sup>

Recibido: 14-05-16

Recibido con revisiones: 26-09-16

Aceptado: 02-10-16

### RESUMEN

La edafofauna comprende una gran variedad de organismos que intervienen en numerosos procesos del suelo, afectando tanto el crecimiento de la vegetación como el mantenimiento de la productividad. El objetivo del trabajo fue estudiar la abundancia y composición de la macrofauna en relación a tres ambientes con uso del suelo, características edáficas y composición vegetal diferentes, localizados en el vivero forestal de Recreo Sur (Santa Fe, Argentina). Se extrajeron de cada ambiente 15 bloques de suelo en primavera 2013 y otoño 2014 siguiendo el método estándar TSBF. Se determinaron densidad, número de familias y grupos funcionales por ambiente. Se colectaron un total de 5344 individuos pertenecientes a 17 órdenes y 56 familias. La densidad media de la macrofauna mostró diferencias entre ambientes ( $P < 0,05$ ), destacándose Parquizado con el valor más alto (966 ind.m<sup>-2</sup>). El número de familias fue mayor en Pastizal (43) siguiendo Plantación (31) y Parquizado (29). Los taxa más representativos fueron Hymenoptera (47,93%), Haplotaxida (26,83%), Isopoda (8,29%), Coleoptera (7,20%), Chilopoda (3,07%) y Araneae (2,35%). Los grupos funcionales mostraron diferencias por ambiente ( $P < 0,05$ ), siendo los más abundantes los ingenieros del suelo (745 ind.m<sup>-2</sup>) y los detritívoros (151 ind.m<sup>-2</sup>) en Parquizado y herbívoros en Pastizal (28 ind.m<sup>-2</sup>). El grupo de depredadores no mostró diferencias entre ambientes ( $P > 0,05$ ). Nuestros resultados muestran que las comunidades de macrofauna varían, no sólo en relación al uso del suelo sino también por la composición vegetal presente en los ambientes del vivero forestal.

**Palabras clave.** Macroinvertebrados, medio edáfico, composición vegetal, uso del suelo.

## EDAPHIC MACROFAUNA ASSOCIATED WITH DIFFERENT ENVIRONMENTS OF A FOREST NURSERY (SANTA FE, ARGENTINA)

### ABSTRACT

The soil fauna includes a variety of organisms involved in many soil processes, affecting the vegetation growth and the productivity. The objective was to study the abundance and composition of the macrofauna in three different environments with differences land uses, soil characteristics and vegetation composition, of a forest nursery located in Recreo Sur (Santa Fe, Argentina). Fifteen blocks of soil were extracted from each environment in spring 2013 and autumn 2014 following the TSBF standard method. Density, families number and functional groups per environment were determined. A total of 5344 organisms were collected, representing 17 orders and 56 families. Macrofauna's average density showed differences between environments ( $P < 0.05$ ), especially Parquizado, with the highest value (966 ind.m<sup>-2</sup>). Family numbers were higher in Pastizal (43) following Plantación (31) and Parquizado (29). The most representative taxa of all organisms collected were Hymenoptera (47.93%), Haplotaxida (26.83%), Isopoda (8.29%), Coleoptera (7.20%), Chilopoda (3.07%) and Araneae (2.35%). Functional groups showed differences ( $P < 0.05$ ), the most abundant were soil engineers (745 ind.m<sup>-2</sup>) and detritivorous (151 ind.m<sup>-2</sup>) in Parquizado and herbivores in Pastizal (28 ind.m<sup>-2</sup>). Predators group showed no differences between environments ( $P > 0.05$ ). Our results show that macrofauna's communities varied, not only in relation to land use but also by the plant composition present in the forest nursery environments.

**Key words.** Macroinvertebrates, soil, vegetal composition, land use.

1. Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química-CONICET

2. Facultad de Humanidades y Ciencias, Universidad Nacional del Litoral

3. EEA INTA- CONICET Reconquista, Santa Fe

\* Autor de contacto: cemasin@santafe-conicet.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

La fauna edáfica es esencial en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos del suelo y está constituida por organismos que pasan toda o una gran parte de su vida sobre la superficie del mismo, en los troncos caídos parcialmente degradados, en la hojarasca superficial y también en el interior del perfil (Lavelle, 1997; Brown *et al.*, 2000). Comprende una gran variedad de organismos que colectivamente intervienen en numerosos procesos del suelo: regulan el ciclo de nutrientes y flujo de carbono, modifican la estructura física y actúan sobre el régimen del agua y la erosión, asegurando así el mantenimiento de suelos productivos (Linden *et al.*, 1994; Cole *et al.*, 2006; Lavelle *et al.*, 2006).

De acuerdo al tamaño del cuerpo, la fauna del suelo se divide en tres grupos: la microfauna que comprende los organismos que presentan un ancho de cuerpo menor a 0,1 mm, como los nemátodos y protozoarios; la mesofauna constituida por los que miden entre 0,1 a 2 mm, incluyendo microartrópodos como ácaros y colémbolos y, la macrofauna integrada por animales con un ancho de cuerpo mayor a 2 mm, visibles al ojo humano. Los organismos de este último grupo actúan como agentes determinantes en la fertilidad del suelo y, por ende, en el funcionamiento global del sistema edáfico (Lavelle *et al.*, 2003).

La biota del suelo afecta la composición de las comunidades vegetales (Zerbino, 2011). Según Harvé & Vidal (2008) y Ramírez Meneses (2009), las comunidades de invertebrados edáficos se ven favorecidas por ambientes caracterizados por diversidad florística, donde las plantas proporcionan el carbono y los recursos que los organismos utilizan en la descomposición interactuando con las raíces.

Los sistemas forestales se caracterizan por una complejidad biológica que mediante una gestión agronómica forestal productiva promueve la recuperación y conservación del suelo (Gándara *et al.*, 2007; Vásquez Vela, 2014). Además, la distribución, composición y estructura de los sistemas forestales, íntimamente ligadas a condiciones ambientales circundantes, condicionan el comportamiento de las comunidades de organismos edáficos, quienes a su vez inciden en las características del hábitat como también en su dinámica y evolución (Castillo Sánchez, 2003).

Los organismos de la macrofauna, según la actividad que desempeñan, pueden ser clasificados en grupos funcionales como los ingenieros del suelo, detritívoros, herbívoros y depredadores; la actividad de los diferentes grupos regula los procesos edáficos del ecosistema (Cabrera

*et al.*, 2011a; Cabrera, 2012). Cuando el hábitat es intervenido, los cambios producidos por el uso del suelo afectan la composición, abundancia y diversidad de la macrofauna como así también a sus interacciones con la vegetación (Velásquez *et al.*, 2009; Zerbino, 2011; Cabrera *et al.*, 2011b; Vasconcellos *et al.*, 2013).

Los viveros forestales son el punto de partida necesario para revertir la degradación de los recursos naturales y mejorar la calidad de vida de la población. Es así que constituyen centros de apoyo para diferentes programas de reforestación, contrarrestando tanto la pérdida de áreas deforestadas como la falta de árboles y espacios verdes en las ciudades (Navall, 2004; Laguna, 2010).

En la localidad de Recreo Sur, provincia de Santa Fe, se encuentra el Centro Operativo Forestal (COF), predio de 15 ha dedicado a la producción y multiplicación de especies forestales nativas y exóticas con fines de reforestación urbana y rural en la provincia (Gobierno de Santa Fe, 2014). El COF constituye un importante sistema de diversificación de especies, formado por numerosas unidades con composición y estructura vegetal diferentes. Como parte del funcionamiento de este ambiente interviene la edaofauna, la cual a su vez, es influenciada por las características del hábitat y del uso del suelo (Tapia *et al.*, 2002; Salmona *et al.*, 2006).

El objetivo de este trabajo fue estudiar la abundancia y composición de la macrofauna en tres ambientes con uso del suelo, características edáficas y vegetación diferentes en el Centro Operativo Forestal de Recreo Sur de la provincia de Santa Fe.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Características del área de estudio

El estudio se realizó en el predio del COF (31°33'1,89"S; 60°43'46,78"O) de la localidad de Recreo Sur provincia de Santa Fe, destinado a la producción de especies forestales y ornamentales (Fig. 1). La zona presenta temperatura mínima promedio anual de 17 °C, máxima promedio anual de 20 °C y régimen de precipitaciones que varía entre 900 y 1000 mm anuales (UNL, 2016). Para el estudio se seleccionaron tres ambientes, con diferencias en composición vegetal y uso del suelo, presentando cada uno una superficie de 100 m<sup>2</sup> y distanciados por 150 m.

- Ambiente I "Parquizado": área demostrativa con estrato herbáceo y arbóreo variado. Desde hace 30 años presenta mínima intervención antrópica, con especie herbácea do-



Figura 1. Localización del COF (delimitado de forma rectangular) y los tres ambientes de estudio (delimitados por círculos): I = Parquizado, II = Plantación, III = Pastizal, en Recreo Sur, Santa Fe (Argentina).

Figure 1. Location of COF (rectangle) and the three environments of study (circles): I = Parquizado, II = Plantación, III = Pastizal in Recreo Sur, Santa Fe (Argentina).

minante, césped brasileiro (*Axonopus compressus* (Sw.) P. Beauv.) formando una "cubierta homogénea", acompañado de oreja de ratón (*Dichondra repens* JR Forts & G Gorts); diente de león (*Sonchus* sp L); pata de perdiz (*Cynodon dactylon* (L) Person); lágrima de la Virgen (*Nothoscordum gracile* (Dryand. ex Aiton) Stearn); flechita (*Stipa* sp L); entre otras. Entre las especies arbóreas se hallan magnolia (*Magnolia grandiflora* L); palmeras (*Washingtonia filifera* (Linden ex André) H. Wendl), *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, y *Phoenix canariensis* Chabaud); roble (*Quercus borealis* F Michx); mora (*Morus nigra* L); laurel de jardín (*Nerium oleander* L); ciprés (*Cupressus sempervirens* L); tipa (*Tipuana tipu* (Benth) Kuntze); lapacho rosado (*Tabebuia impetiginosa* Standl), ciprés calvo (*Taxodium distichum* (L) Rich); pezuña de vaca (*Bauhinia variegata* L); pino (*Pinus* sp L); gingo (*Ginkgo biloba* L); araucaria (*Araucana angustifolia* (Bertol) Kuntze); lapacho amarillo (*Tabebuia chrysotricha* Standl), entre otras.

- Ambiente II "Plantación": sitio dedicado al cultivo de especies de salicáceas, en particular sauce (*Salix humboldtiana* Wild.) y álamo (*Populus* sp). Actualmente las especies arbóreas tienen 12 años de edad. Complementa este ambiente un estrato herbáceo con especies cola de zorro (*Pennisetum setaceum rubrum* (Forssk) Chiov); maicillo (*Sorghum halepense* (L) Pers); cardos (*Cirsium vulgare* (Savi) Ten y *Dipsacus fullonum* L); paja brava (*Cortaderia selloana* (Schult & Schult F) (Asch. & Graebn);

oreja de ratón (*D. repens* JR Forts & G Gorts); lengua de vaca (*Rumex crispus* L); diente de león (*Sonchus* sp L); entre otras.

- Ambiente III "Pastizal": suelo con estrato herbáceo desde hace un año, con predominio de: manzanilla (*Matricaria chamomilla* L); biznaga (*Ammi visnaga* L Lam.); yuyo blanco (*Chenopodium álbum* L Bosc Ex Moq); maicillo (*S halepense* (L) Pers); lengua de vaca (*R crispus* L); diente de león (*Sonchus* sp L); cardos (*C vulgare* (Savi) Ten y *D fullonum* L); tréboles (*Oxalis* sp L y *Melilotus* sp (L) Mill). Anteriormente (hace cinco años) el sitio presentaba práctica semillera de fresno (*Fraxinus americana* L) con aplicación de herbicidas para control de malezas.

### Características del muestreo

Los muestreos se realizaron durante la primavera de 2013 y el otoño de 2014 extrayéndose en cada sitio 15 bloques de suelo de 0,30 x 0,30 x 0,30 m siguiendo el método estándar internacional Biología y Fertilidad del Suelo Tropical o TSBF (Anderson & Ingram, 1993). En laboratorio se realizó la revisión de los bloques y colecta manual de los organismos, los cuales fueron conservados en alcohol al 70%. Los individuos se identificaron hasta el nivel de familia siguiendo claves de Righi (1979), Mischis (1991), Peña Guzmán (1996), Morrone & Coscarón (1998), Ramírez (1999) y Momo & Falco (2009). Desde el punto de vista funcional la macrofauna fue agrupada en cuatro gremios fundamentales: ingenieros del suelo, detri-

tívoros, herbívoros y depredadores, de acuerdo con Lavelle (1997) y Zerbino *et al.* (2008).

En cada uno de los ambientes y siguiendo un diseño al azar en forma de zigzag, se tomaron tres muestras de suelo a 15 cm de profundidad para la determinación de las propiedades físicas y químicas: contenido de materia orgánica (MO) (%) y carbono orgánico (C) (%) por el método de Walkley & Black (Walkley & Black, 1934); nitrógeno total (N) (%) por Kjeldahl macroescala (MAG, 1982); pH por el método potenciométrico en relación suelo-agua 1:2,5 p/v (Jackson, 1976); Densidad Aparente (DA) ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) por el método del cilindro (Baver *et al.*, 1973); Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) ( $\text{me}/100 \text{ g}$ ) con uso de Acetato amonio 1 N pH 7 para la extracción de cationes intercambiables (MAG, 1982) y textura por método de pipeteado para análisis granulométrico de fracciones menores a 62 micrones (Gee & Bauder, 1986).

La determinación de estas características físicas y químicas se realizó en el laboratorio del IDICYT de Universidad Católica de Santa Fe.

### Análisis de datos

Se determinaron densidad ( $\text{individuo} \cdot \text{m}^{-2}$ ) media total y número de familias total por ambiente.

Para determinar diferencias de significación estadística entre la densidad total de la macrofauna y de los taxa por ambiente, se utilizó el análisis de varianza no paramétrico para muestras independientes (Kruskal-Wallis). De igual manera se analizaron los grupos funcionales.

Para determinar la relación entre las variables físicas y químicas y abundancia de la macrofauna de los diferentes ambientes se realizó un análisis de componentes principales (ACP). En este análisis se asume como variables predictoras a las pro-

piedades pH, C, N, DA, MO,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  (Tabla 1) y como variables respuesta a las abundancias transformadas (Godoy *et al.*, 2014) de los grupos Haplotaxida, Hymenoptera, Isopoda, Coleoptera, Chilopoda y Araneae. El ACP se efectuó sobre la matriz de datos, compuesta por 30 observaciones (15 en otoño y 15 en primavera) en cada uno de los tres tipos de ambientes. Cada observación posee seis abundancias transformadas que describen la composición de la comunidad y ocho propiedades físicas y químicas que describen el suelo ambiente. Las abundancias fueron transformadas utilizando la transformación de Hellinger (Legendre & Gallagher, 2001). La matriz de datos  $\mathbf{Z} = [\mathbf{Y} \mathbf{X}]$  ( $90 \times 14$ ), donde cada renglón de la matriz  $\mathbf{X}$  ( $90 \times 8$ ), presentó la observación de las ocho variables físico-químicas y donde cada renglón de la matriz  $\mathbf{Y}$  ( $90 \times 6$ ) correspondió a una observación de las seis abundancias transformadas.

Cada medición de las propiedades edáficas se realizó sobre un compuesto de tres bloques consecutivos, por tanto se dispuso de una medición de las propiedades edáficas cada tres mediciones de densidades tomadas en otoño y primavera; es decir, una medición de propiedades cada seis mediciones de densidades. En consecuencia, se replicaron las muestras en la matriz  $\mathbf{X}$  para que ésta posea el mismo número de observaciones que la matriz  $\mathbf{Y}$ .

Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software InfoStat ver. 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS

### Abundancia y composición de la macrofauna

Se colectaron en los tres ambientes un total de 5344 individuos representando a 17 órdenes y 56 familias (Tabla 2).

Tabla 1. Propiedades físicas y químicas del suelo de los ambientes Parquizado, Plantación y Pastizal en el Centro Operativo Forestal, de Recreo Sur, Santa Fe (Argentina).

Table 1. Physical and chemical properties of soil of the environments Parquizado, Plantación and Pastizal from the Centro Operativo Forestal, Recreo Sur, Santa Fe (Argentina).

	Ambiente					
	Parquizado		Plantación		Pastizal	
	Media	DE	Media	DE	Media	DE
pH	6,18	0,08	6,15	0,10	5,98	0,08
C	2,31	0,01	1,03	0,02	1,08	0,01
N	0,21	0,03	0,09	0,01	0,09	0
DA	1,17	0,01	1,15	0,04	1,11	0,02
MO	3,9	0,12	1,75	0,11	1,91	0,06
$\text{Ca}^{2+}$	10,8	0,07	11,13	0,17	10,56	0,18
C.I.C $\text{Mg}^{2+}$	0,93	0,09	0,20	0,01	1,19	0,02
$\text{Na}^{2+}$	0,68	0,03	0,24	0,02	0,25	0,02

Referencia: DE= Desvío estándar ( $n= 6$ ).

Tabla 2. Abundancia total de los organismos de la macrofauna colectados en los ambientes Parquizado, Plantación y Pastizal del COF de Recreo Sur (Santa Fe, Argentina).

Table 2. Total macrofauna abundance collected from Parquizado, Plantation and Pastizal environments of COF, Recreo Sur (Santa Fe, Argentina).

Phylum	Clase	Orden	Familia	Ambiente											
				Parquizado	Plantación	Pastizal									
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Acanthodrilidae	0	0	3									
			Lumbricidae	82	17	42									
			Megascolecidae	547	491	243									
			Octochaetidae	9	0	0									
Arthropoda	Arachnida	Araneae	Araneidae	0	0	3									
			Corinnidae	1	0	1									
			Gnaphosidae	0	1	0									
			Hahniidae	7	12	7									
			Linyphiidae	37	2	34									
			Lycosidae	0	0	5									
			Miyurgidae	0	0	1									
			Salticidae	0	0	2									
			Theridiidae	7	1	1									
			Zodariidae	2	0	2									
	Arthropoda	Opiliones	Pseudoscorpionida	Withiidae	0	0	1								
				Scolopendromorpha	0	5	0								
				Chilopoda	Lithobiomorpha	89	28	37							
		Arthropoda	Chilopoda	Geophilomorpha	Geophilidae	2	1	2							
					Diplopoda	Ílida	42	17	43						
			Arthropoda	Diplopoda	Coleoptera	Paradoxosomatidae	0	1	3						
						Bostrichidae	0	0	8						
Bruchidae						0	2	0							
Carabidae						7	11	13							
Chrysomelidae						3	1	8							
Coccinellidae						1	0	0							
Curculionidae						2	0	0							
Elateridae						1	7	20							
Heteroceridae						0	0	3							
Lagriidae						0	0	2							
Oedemeridae						0	0	1							
Pselaphidae						0	0	2							
Scaphidiidae	0					0	8								
Scarabaeidae	5					4	5								
Silphidae	0					0	6								
Arthropoda	Insecta	Diplopoda				Staphylinidae	66	41	139						
						Tenebrionidae	3	1	15						
			Dermaptera	Labiidae	2	7	11								
			Diplura	Japygidae	6	0	0								
			Arthropoda	Diptera	Diptera	Cecidomyiidae	0	1	0						
						Chironomidae	0	1	0						
						Mycetophilidae	5	1	0						
						Arthropoda	Hemiptera	Hemiptera	Aradidae	3	15	17			
									Berytidae	0	0	2			
									Gelastocoridae	0	0	3			
									Lygaeidae	0	1	2			
									Miridae	5	0	0			
									Reduviidae	1	2	1			
									Pentatomidae	0	0	1			
									Arthropoda	Hymenoptera	Hymenoptera	Formicidae	1375	478	673
												Vespidae	0	33	3
												Arthropoda	Orthoptera	Orthoptera	Blattidae
Gryllacrididae	0	0													1
Gryllidae	0	2													0
Gryllotalpidae	0	0													1
Tridactylidae	1	0													0
Arthropoda	Malacostraca	Isopoda	Oniscidae	285	102										56
			<b>Total</b>	<b>2608</b>	<b>1296</b>										<b>1440</b>

La densidad media de la macrofauna mostró diferencias significativas entre los ambientes ( $H= 8,13; P< 0,05$ ), destacándose Parquizado con el valor más alto (966 ind.  $m^{-2}$ ) respecto a Pastizal (533 ind.  $m^{-2}$ ) y Plantación (480 ind.  $m^{-2}$ ). El número de familias fue mayor en Pastizal (43) siguiendo Plantación (31) y por último Parquizado (29) (Fig. 2). Los grupos que mostraron porcentajes representativos respecto al total de los organismos recolectados fueron Hymenoptera (47,93%), Haplotaxida (26,83%), Isopoda (8,29%), Coleoptera (7,20%), Chilopoda (3,07%) y Araneae (2,35%). En Hymenoptera se destacó la familia Formicidae (54,43%), en Haplotaxida Megascolecidae (89,33%); en Isopoda el 100% de los individuos pertenecieron a Oniscidae, en Coleoptera la familia Staphylinidae (63,89%), en Chilopoda la familia Henicopidae (2,88%) y por último en Araneae la familia Linyphiidae (29,36%). Si bien estos grupos estuvieron presentes en los tres ambientes, Plantación registró valores bajos en la mayoría de ellos.

Respecto a la abundancia de los grupos, hubo diferencias significativas en los ambientes ( $P< 0,05$ ). Hymenoptera, Haplotaxida y Chilopoda mostraron mayor densidad en Parquizado, registrando 509 ind.  $m^{-2}$  ( $H=4,79; P<0,05$ ), 236 ind.  $m^{-2}$  ( $H= 11,68; P< 0,05$ ) y 34 ind.  $m^{-2}$  ( $H=5,39; P<0,05$ ), respectivamente. Coleoptera presentó mayor número de individuos tanto en Pastizal como en Plantación (86 y 85 ind.  $m^{-2}$ , respectivamente), diferenciándose significativamente de Parquizado ( $H= 26,81; P< 0,05$ ). En tanto los grupos Isopoda y Araneae no presentaron diferencias entre los ambientes ( $P>0,05$ ) (Fig. 3).

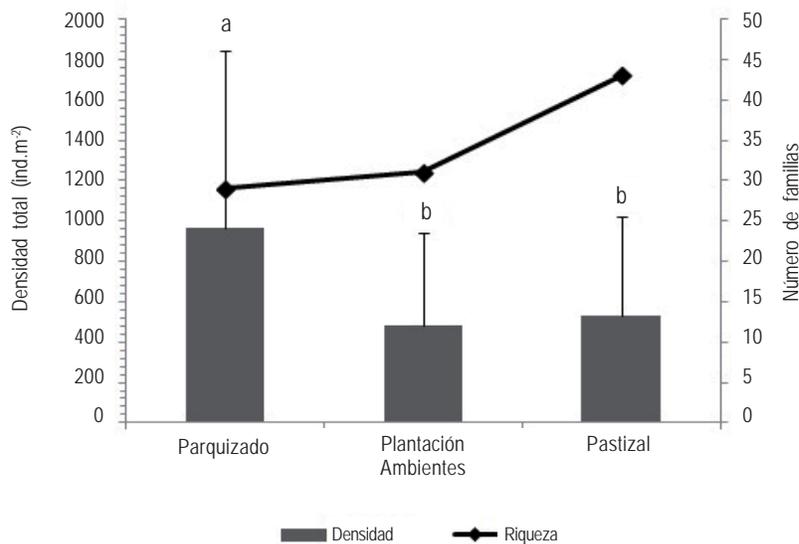


Figura 2. Densidad media total y número de familias de la macrofauna edáfica en los tres ambientes estudiados. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en densidad entre ambientes.

Figure 2. Total average density and families number of soil macrofauna in the three environments studied. Vertical bars show standard error. Different letters show significant density differences ( $P < 0.05$ ) between environments.

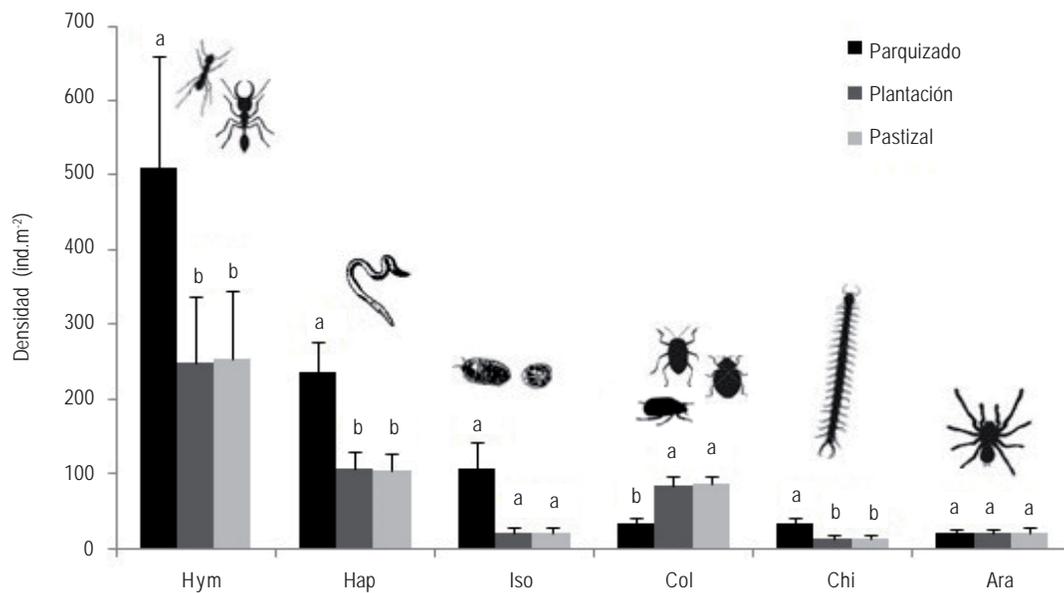


Figura 3. Densidad media de los grupos de macrofauna más abundantes en los tres ambientes. Las barras verticales indican error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre ambientes para el mismo grupo taxonómico.

Referencias: Hap: Haplotaxida; Hym: Hymenoptera; Iso: Isopoda; Col: Coleoptera; Chi: Chilopoda; Ara: Araneae.

Figure 3. Average density of the most abundant macrofauna groups in the three environments. Vertical bars show standard error. Different letters show significant differences ( $P < 0.05$ ) between environments for the same taxonomic group.

References: Hap: Haplotaxida; Hym: Hymenoptera; Iso: Isopoda; Col: Coleoptera; Chi: Chilopoda; Ara: Araneae.

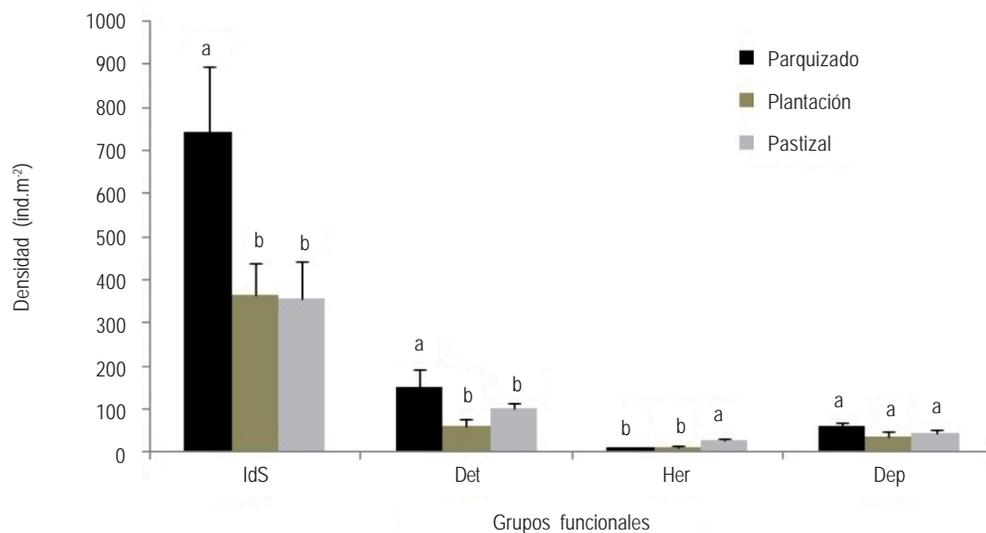


Figura 4. Densidad media de los grupos funcionales de la macrofauna edáfica en cada ambiente. Las barras verticales indican el error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre ambientes para el mismo grupo funcional.

Referencias: IdS: Ingenieros del suelo; Det: Detritívoros; Her: Herbívoros; Dep: Depredadores.

Figure 4. Average density of macrofauna's functional groups of soil in each environment. Vertical bars show standard error. Different letters show significant differences ( $P < 0.05$ ) between environments for the same functional group.

References: IdS: Engineers soil; Det: Detritivorous; Her: Herbivores; Dep: Predators.

La densidad de los herbívoros fue mayor en el ambiente Pastizal registrando 28 ind.m<sup>-2</sup> ( $H= 11,29$ ;  $P < 0,05$ ), mientras que el grupo de depredadores no mostró diferencias entre los ambientes analizados ( $P > 0,05$ ).

### Relación biota edáfica y variables físicas y químicas

La Figura 5 muestra las relaciones existentes entre las propiedades edáficas y la abundancia de los diferentes grupos de la macrofauna. Los dos primeros componentes principales (CP1= 35,4% y CP2= 19%) explicaron más del 50% de la variabilidad total. El biplot permite visualizar la magnitud y signo de la contribución de cada variable a estos dos componentes principales, y como cada observación es representada en términos de estos componentes.

Hacia la derecha se ubicó el ambiente menos perturbado (Parquizado), relacionado con valores altos en residuos de materia orgánica (MO), carbono (C), nitrógeno (N), calcio (Ca<sup>2+</sup>) y magnesio (Mg<sup>2+</sup>). Los grupos de la macrofauna que mostraron estar más asociados a este sistema fueron Hymenoptera, Chilopoda, Isopoda y Haplotaxida.

Por el contrario, a la izquierda se ubicaron Plantación y Pastizal, ambientes caracterizados por una fertilidad menor y por la presencia en mayor densidad de los grupos Coleoptera y Araneae.

### DISCUSIÓN

El Centro Operativo Forestal visto como un mosaico heterogéneo de especies vegetales, brinda diferentes hábitats como alternativas de refugio y oferta alimenticia para la fauna edáfica. Según Mudrák *et al.* (2010) y Jangida *et al.* (2011), la vegetación que forma parte del ecosistema forestal influye no sólo en numerosas propiedades del suelo, sino también en su edafofauna, la cual establece una fuerte retroalimentación sobre el componente vegetal existente. No obstante, la abundancia y composición de las comunidades de la fauna del suelo también son afectadas por el uso y manejo que se haga del mismo (Rodríguez *et al.*, 2002; Mathieu *et al.*, 2009; Zerbino, 2011; Neto *et al.*, 2012; Korboulewsky *et al.*, 2016).

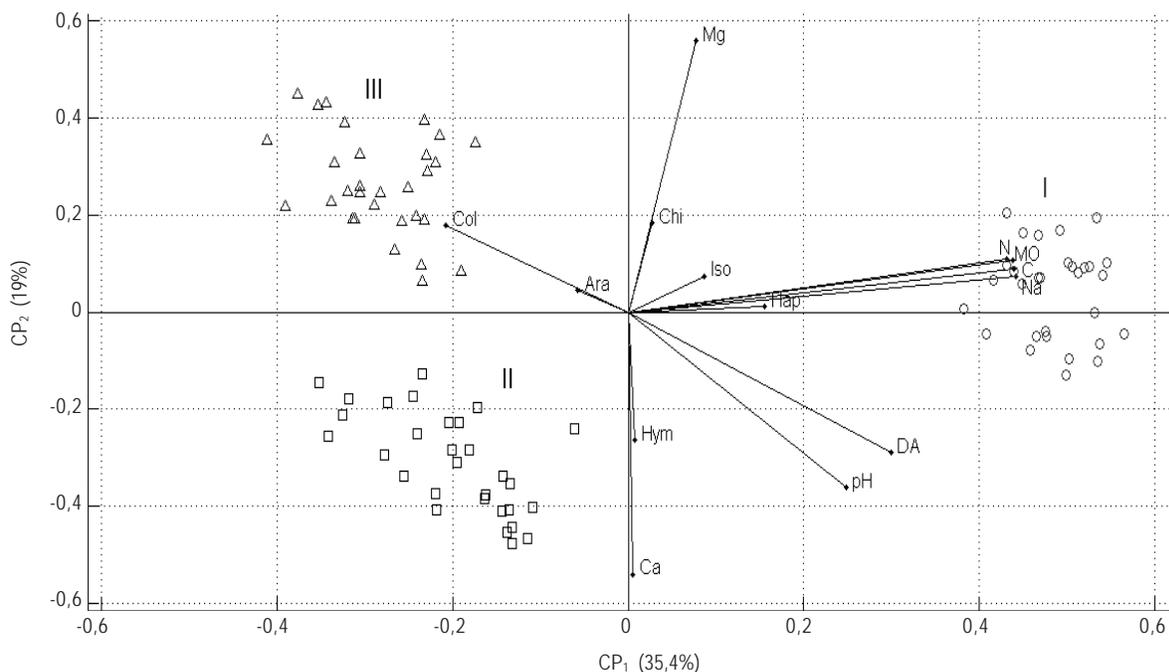


Figura 5. Biplot del análisis de componentes principales (ACP) para las variables físicas y químicas (variables predictoras), y los grupos de organismos en los tres ambientes (I= Parquizado, II= Plantación, III= Pastizal) del COF, Santa Fe. Referencias de variables respuestas: Hap=Haplotaxida, Hym=Hymenoptera, Iso=Isopoda, Col=Coleoptera, Chi=Chilopoda, Ara=Araneae.

Figure 5. Principal component analysis (PCA) biplot for the physical and chemical variables (predictor variables) and organism groups from the three environments (I= Parquizado, II= Plantación, III= Pastizal) of COF, Santa Fe. References of variable responses: Hap=Haplotaxida, Hym=Hymenoptera, Iso=Isopoda, Col=Coleoptera, Chi=Chilopoda, Ara=Araneae.

Los resultados muestran que la abundancia y composición de la macrofauna varió en los diferentes ambientes, siendo Parquizado el que registró las mayores densidades de los grupos edáficos. Posiblemente esto se deba a que este ambiente, en especial el suelo, presentaba retención de humedad y no estuvo expuesto a actividades mecánicas (como remoción del suelo), y/o de aplicación de productos (agroquímicos) como sí lo estuvieron los otros ambientes. Según Xiunqin & Tingcheng (2001), el efecto de factores como el tipo de vegetación, características edáficas, manejo del suelo y condiciones microclimáticas influyen en el comportamiento de la edafofauna.

Trabajos de Martínez (2002), Prieto *et al.* (2003), Feijoo *et al.* (2007), Siqueira *et al.* (2014) y Tsiafouli *et al.* (2015), evidenciaron que las abundancias de los grupos taxonómicos Hymenoptera, en particular Formicidae, y Haplotaxida son sustancialmente mayores en los ambientes con menor intervención antrópica, respondiendo sensiblemente al manejo del suelo. Estos resultados coinciden con los hallados en el presente estudio donde, del total de los organismos colectados, Parquizado presentó entre 45-55% para Haplotaxida y Formicidae, mientras que los ambientes Plantación y Pastizal solo registraron entre 30-20%. Para el estudio de organismos sociales como las hormigas, algunos trabajos (Ekschmutt *et al.*, 2003; Leponce *et al.*, 2004; Vasconcellos *et al.*, 2010) consideran adecuado el número de colonias o de especies como indicador de abundancia, pero en este trabajo al igual que en el de Rossi *et al.* (2006), Rousseau *et al.* (2013) y Gómez Pamies *et al.* (2016), se consideró el número de individuos, pues ello posibilita el análisis conjunto con el resto de los grupos de la macrofauna.

Tanto las lombrices de tierra como las hormigas son sensibles a variaciones en su medio edáfico, sobre todo por disturbios antrópicos, por lo que manifiestan cambios en composición y abundancia en una corta escala de tiempo (Vasconcelos, 2008; Chocobar, 2010). Específicamente trabajos de Rodríguez (2000), Cabrera (2012) y Gómez Pamies *et al.* (2016), relacionan que la perturbación de los hábitats naturales y, como consecuencia cambios en el contenido de materia orgánica del suelo y pérdida o transformación de la vegetación original, determinan disminución de la abundancia y riqueza de lombrices de tierra.

Morán Mendoza & Alfaro Gutiérrez (2015), destacaron a los ingenieros del suelo como los más abundantes

en bosques y sistemas agroforestales, en especial en ambientes con mayor cobertura vegetal, riqueza de exudados y sombra, condiciones que benefician a dichos organismos, en especial a las lombrices de tierra. Este grupo funcional tiene un impacto específico en el interior del suelo a partir de la transformación de las propiedades físicas, que favorecen agregados y la estructura, el movimiento y la retención del agua, así como el intercambio gaseoso (Lavelle, 2000; Cunha *et al.*, 2016).

Los artrópodos con función detritívora fueron más abundantes en Parquizado, y según aportes de Rodríguez *et al.* (2002), Zerbino *et al.* (2008) y Cabrera *et al.* (2011a), este grupo funcional es más abundante y diverso en ambientes con una incorporación continua y variada de hojarasca, temperatura y humedad óptima en el suelo. En conjunto, estos organismos ayudan a fragmentar la hojarasca del suelo e inician el proceso de descomposición, aumentando así la superficie de exposición para el ataque de la microflora (Cabrera, 2012). Posiblemente la menor abundancia de detritívoros tanto en Pastizal como en Plantación se deba a transformaciones en las condiciones ambientales de sus suelos debidas a actividades de laboreo asociadas a la plantación o extracción de especies de árboles. Según Barraqueta (2001), Mathieu *et al.* (2005) y Marichal *et al.* (2014), estas prácticas de manejo en ecosistemas forestales (tala de árboles e implantación de otra/especie/s vegetales) afectan la diversidad y densidad tanto de los principales grupos de descomponedores de la materia orgánica como de otras comunidades de la macrofauna del suelo, ya que provocan variaciones bruscas en condiciones de temperatura y humedad del suelo, cobertura y calidad de la hojarasca, cantidad de residuos, y destrucción mecánica de los microhábitats.

El grupo de los Herbívoros, en gran parte coleópteros, se concentraron mayormente en Pastizal. Según Laossi *et al.* (2008), los herbívoros se ven favorecidos por ambientes herbáceos, con influencia total de gramíneas, donde hay buena cantidad de fitomasa aérea y subterránea.

Respecto a los depredadores se manifestaron de manera similar entre los ambientes analizados, posiblemente se deba tanto a factores de temperatura y humedad del suelo como a la cantidad de detritívoros que sirvieron de alimento a dicho grupo funcional (Pontégnie *et al.*, 2005; Baloriani *et al.*, 2009; Cabrera *et al.*, 2011a). No obstante, los ambientes con vegetación espontánea, como Pastizal, pueden ser muy importantes como fuente de refugio, proveyendo sitios de hibernación y fuentes de alimentos al-

ternativos para los depredadores del suelo y su presencia contribuiría a mantener controladas las poblaciones de fitófagos (Lang, 2003; Saavedra *et al.*, 2007; Paleologos *et al.*, 2008; Marasas *et al.*, 2010).

Las arañas como parte del grupo funcional depredadores fue el taxón más representativo en abundancia. Estos arácnidos son un componente importante de los ecosistemas regulando la actividad de otros organismos más pequeños (Cardoso *et al.*, 2011; Díaz Porres *et al.*, 2014). La familia Linyphiidae mostró la mayor abundancia dentro del grupo, lo cual se relaciona directamente con la composición y complejidad del paisaje (Schmidt *et al.*, 2005), debido a que esta familia es una de las que mejor se adapta y resiste a los sistemas con disturbio (Samu & Szinetár, 2002; Schmidt & Tschamtker, 2005).

Si bien, el Centro Operativo Forestal de Recreo Sur cuenta con una extensa superficie y variedad de especies forestales y ornamentales, por cuestión de planificación del lugar se han generado ambientes mixtos de especies vegetales (como lo representa Parquizado), y otros dedicados a producir una sola especie de planta (como el caso de Plantación). Según Farska *et al.* (2014), la composición de vegetales y heterogeneidad de ambientes que presenten los ecosistemas forestales, dependientes de sus prácticas de gestión, influyen en la diversidad y funcionamiento de la fauna del suelo. Otros autores (Jactel & Brockerhoff, 2007; Pretzsch *et al.*, 2010; Vallet & Perot, 2011; Merlin *et al.*, 2015), destacan que ambientes mixtos, diversos en especies vegetales son susceptibles a albergar mayor diversidad biológica en organismos edáficos, y que a su vez presentan mejor resistencia a ciertas alteraciones bióticas.

## CONCLUSIONES

Los resultados muestran que los ambientes Parquizado y Pastizal registraron los mayores valores en densidad y riqueza de familias de la macrofauna edáfica, respectivamente. De manera que las comunidades de la edafofauna variaron, no sólo en relación a propiedades edáficas y manejo del suelo sino también por la composición vegetal presente en los ambientes del vivero forestal, afectando asimismo las interacciones entre los grupos funcionales.

El presente trabajo contribuye a enriquecer el inventario de los macroinvertebrados del vivero forestal (COF) de Recreo Sur, Santa Fe, constituyendo una información básica, útil y complementaria en estrategias de manejo y sustentabilidad de los ambientes del vivero forestal.

Se propone continuar con nuevas líneas de estudio profundizando la importancia de la dinámica de los grupos de la edafofauna en el desarrollo y funcionamiento de la vegetación forestal, en especial de las autóctonas.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ing. Agr. María Virginia Quiñonez, Jefa de Departamento Regímenes Promocionales Forestales, del Centro Operativo Forestal Santa Fe (Ministerio de la Producción de Santa Fe), por facilitar la realización de los muestreos y brindar información relevante para el desarrollo del trabajo de investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, JM & JSI Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of Methods. 2<sup>nd</sup> ed. CAB International. Wallingford, UK. 221 pp.
- Baloriani, G; MF Paleologos; ME Marasas & SJ Sarandón. 2009. Abundancia y riqueza de la macrofauna edáfica (Coleoptera y Araneae), en invernáculos convencionales y en transición agroecológica. *Rev. Bras. de Agroecología* 4(2): 1733-1737.
- Barrequeta, P. 2001. La fauna del suelo: entre la repoblación forestal y la tala. *En: Conservación, uso y gestión de los sistemas forestales. VI Jornada de Urdaibai sobre desarrollo sostenible* (Coord. MD Salinas, MC de la Huerga & C Giménez). Departamento de ordenación del territorio, vivienda y medio ambiente, Gobierno Vasco, España. 257 pp.
- Baver, LD; WH Gardner & WR Gardner. 1973. Física de suelos. Ed. UTEHA. México. 529 pp.
- Brown, GG; I Barois & P Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol* 36(3-4): 177-198.
- Cabrera, G; N Robaina & D. Ponce de León. 2011a. Composición funcional de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes* 34: 331-346.
- Cabrera, G; N Robaina & D Ponce de León. 2011b. Riqueza y abundancia de la macrofauna edáfica en cuatro usos de la tierra en las provincias de Artemisa y Mayabeque, Cuba. *Pastos y Forrajes* 34: 313-330.
- Cabrera, G. 2012. La macrofauna edáfica como indicador biológico del estado de conservación/perturbación del suelo. Resultados obtenidos en Cuba. *Pastos y Forrajes* 35(4): 349-364.
- Cardoso, P; S Pekár; R Jocqué & JA Coddington. 2011. Global patterns of guild composition and functional diversity of spiders. *PLoS ONE* 6(6): 1-10.
- Castillo Sánchez, VM. 2003. Funciones protectoras de los sistemas forestales. *En: MA Esteve Selma; M Lloréns Pascual de Riquelmes & C Martínez Gallur (eds). Los recursos naturales de la región de Murcia. Un análisis interdisciplinar. 1<sup>era</sup> ed. p 238-243. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia. España. 447pp.*

- Chocobar, EA. 2010. Edafofauna como indicador de la calidad en un suelo Cumulic Phaozem sometido a diferentes sistemas de manejo en un experimento de larga duración. Tesis presentada en opción al título académico de Máster en Ciencias, Colegio de Post-graduados. Montecillo, México. 63 pp.
- Cole, L; MA Bradford; JA Shawp & RD Bradgett. 2006. The abundance, richness and functional role of soil meso and macrofauna in temperate grassland-A case study. *Appl. Soil Ecol.* 33: 186-198.
- Cunha, L; GG Brown; DW Stanton; E Da Silva; FA Hansel; G Jorge; D McKey; P Vidal-Torrado; RS Macedo; E Velásquez; SW James; P Lavelle & P Kille. The Terra Preta de Indio Network. 2016. Soil animals and pedogenesis: the role of earthworms in anthropogenic soils. *Soil Science*, Vol 181(3/4): 110-125.
- Díaz Porres, M; MH Rionda; AE Duhour & FR Momo. 2014. Artrópodos del suelo: Relaciones entre la composición faunística y la intensificación agropecuaria. *Ecología Austral* 24: 327-334.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ekschmitt, K; T Stierhoff; J Dauber; K Kreimes & V Wolters. 2003. On the quality of soil biodiversity indicators: abiotic and biotic parameters as predictors of soil faunal richness at different spatial scales. *Agr. Ecosyst. Environ.* 98: 273-283.
- Farska, J; K Prejzkova & J Rusek. 2014. Management intensity affects traits of soil microarthropod community in montane spruce forest. *Appl. Soil Ecol.* 75: 71-79.
- Feijoo, A; M Zuñiga; H Quintero & P Lavelle. 2007. Relaciones entre el uso de la tierra y las comunidades de lombrices en la cuenca del río La Vieja, Colombia. *Pastos y Forrajes*, 30: 235-249.
- Gándara, F; C Melo; M Grimaldi; G Oliveira; C Santilli & L Marchiori. 2007. Análise comparativa da macrofauna do solo de um sistema agroflorestal e um agrícola convencional em Piracicaba SP. *Rev. Bras. de Agroecologia* 2(2): 1263-1267.
- Gee, GW & JW Bauder. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (ed), *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph N° 9, second ed. ASA and SSSA, Madison, WI, 383-411.
- Gobierno de Santa Fe. 2014. Presentación del Centro Operativo Forestal Santa Fe. [https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/200991/974329/file/Presentaci%C3%B3n%20COF%20SANTA%20FE%202014%20\(1\).pdf](https://www.santafe.gob.ar/index.php/web/content/download/200991/974329/file/Presentaci%C3%B3n%20COF%20SANTA%20FE%202014%20(1).pdf) (se accedió el 03/02/2016).
- Godoy, JL & JR Vega & JL Marchetti. 2014. Relationships between PCA and PLS-regression. *Chem. Intell. Lab. Syst.* 130: 182-191.
- Gómez Paines, DF; MC Godoy & JM Coronel. 2016. Macrofauna edáfica en ecosistemas naturales y agroecosistemas de la eco-región Esteros del Iberá (Corrientes, Argentina). *Cienc. Suelo (Argentina)* 34(1): 43-56.
- Herve, BD & BS Vidal. 2008. Plant biodiversity and vegetation structure in traditional cocoa forest gardens in southern Cameroon under different management. *Biodivers. Conserv.* 17(8): 1821-1835.
- Jackson, ML. 1976. Determinación de los cationes metálicos canjeables de los suelos. (p.:123-189). En: *Análisis químico de suelos*. Ed. Omega S. A., Barcelona, España, 662 pp.
- Jactel, H & EG Brockerhoff. 2007. Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecol. Let.* 10: 835-848.
- Jangida, K; MA Williams; AF Franzluebbers; TM Schmidt; DC Coleman & WB Whitman. 2011. Land-use history has a stronger impact on soil microbial community composition than aboveground vegetation and soil properties. *Soil Biol. Biochem.* 43: 2184-2193.
- Korboulewsky, N; G Perez & M Chauvat. 2016. How tree diversity affects soil fauna diversity: A review. *Soil Biol. Biochem.* 94: 94-106.
- Laguna, RR. 2010. Manual de Prácticas de viveros forestales. 1ª Ed. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca Hgo, México. 52 pp.
- Lang, A. 2003. Intraguild interference and biocontrol effects of generalist predators in a winter wheat field. *Oecologia* 134: 144-153.
- Laossi, KR; S Barot; D. Carvalho; T Desjardins; P Lavelle; M Mastins; D Mitja; AC Rendeiro; G Rousseau; M Sarrazini; E Velázquez & M Grimaldi. 2008. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. *Pedobiol.* 51: 397-407.
- Lavelle, P. 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 27: 93-102.
- Lavelle, P. 2000. Ecological challenges for soil science. *Soil Science* 165: 73-86.
- Lavelle, P; B Senapati & E Barros. 2003. Soil macrofauna. In: Schroth, G & Sinclair, FL (eds). *Trees, crops and soil fertility. Concepts and research methods*. CABI Publishing. UK. p 303-324.
- Lavelle P; T Decaëns; M Aubert; S Barot; M Blouin; F Bureau; F Margerie; P Mora & JP Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol.* 42: 3-15.
- Legendre, P & ED Gallagher. 2001. Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia* 129(2): 271-280.
- Leponce, M; L Theunis; J Delabie & Y Roisin. 2004. Sacle dependence of diversity measures in a leaf-litter ant assemblage. *Ecography* 27: 253-267.
- Linden, DR; PF Hendrix; DC Coleman & PCJ Van Vilet. 1994. Faunal indicators of soil quality. In: Doran, JW & AJ Jones (eds). *Defining soil quality for a sustainable Environment*. SSSA. Special Publication N° 35. 91-106.
- Marasas, M; S Sarandón & A Cicchino. 2010. Semi-natural habitats and field margins in a typical agroecosystem of the Argentinean pampas as a reservoir of carabid beetles. *J. Sustain. Agr.* 34: 1-16.
- Marichal, R; M Grimaldi; MA Feijoo; J Oszwald; C Praxedes; DH Ruíz Cobo; M Hurtado; T Desjardins; M Lopes da Silva Junior; L Gonzaga da Silva Costa; I Souza Miranda; MN Delgado Oliveira; GG Brown; S Tsélouiko; MB Martins; T Decaëns; E Velásquez & P Lavelle. 2014. Soil macroinvertebrate communities and ecosystem services in landscapes of Amazonia deforested. *Appl. Soil Ecol.* 83: 177-185.
- Martínez, MA. 2002. Comunidades de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) en tres ecosistemas con diferente grado de perturbación en Cuba. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Biológicas. Instituto de Ecología y Sistemática/Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Ciudad de La Habana. 93 pp.
- Mathieu, J; JP Rossi; P Mora; P Lavelle; PFDS Martins; C Rouland & M Grimaldi. 2005. Recovery of soil macrofauna communities after forest clearance in Eastern Amazonia, Brazil. *Conserv. Biol.* 19: 1598-1605.

- Mathieu, J; M Grimaldi; P Jouquet; C Rouland; P Lavelle; T Desjardins; JP Rossi. 2009. Spatial patterns of grasses influence soil macrofauna biodiversity in Amazonian pastures. *Soil Biol. Biochem.* 41: 586-593.
- Merlin, M; T Perot; S Perret; N Korboulewsky & P Vallet. 2015. Effects of stand composition and tree size on resistance and resilience to drought in sessile oak and Scots pine. *Forest Ecol. Manag.* 339: 22-33.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 1982. Toma de muestras y determinaciones analíticas en suelos y aguas. Dirección General de Extensión e Investigación Agropecuaria. Departamento de Apoyo Analítico. Provincia Santa Fe. Argentina.
- Mischis, CC. 1991. Las lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) de la Provincia de Córdoba, Argentina. *Bol. Academia Nacional de Ciencias Córdoba.* 59(3 y 4): 187-237.
- Momo, FR & LB Falco. 2009. Biología y Ecología de la fauna del suelo. Ed. Imago Mundi. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina. 208 pp.
- Morán Mendoza, FE & FR Alfaro Gutiérrez. 2015. Diversidad de macrofauna edáfica en dos sistemas de manejo de *Moringa oleifera* Lam. (Marango) en la finca Santa Rosa, UNA. Tesis presentada en opción al grado de Ingeniero Forestal. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 pp.
- Morrone, JJ & S Coscarón. 1998. Biodiversidad de artrópodos argentinos: una perspectiva biotaxonomía. Sur. La Plata, Argentina. 599 pp.
- Mudrák, O; J Frouz & V Velichová. 2010. Understorey vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecol. Eng.* 36(6): 783-790.
- Navall, M. 2004. El vivero forestal. Guía para el diseño y producción de un vivero forestal de pequeña escala de plantas en envase. Proyecto Forestal Regional INTA-EEA. Santiago del Estero. 14 pp.
- Neto, FVDC; MEF Correia; GHA Pereira; MG Pereira & PSDS Leles. 2012. Soil fauna as an indicator of soil quality in forest stands, pasture and secondary forest. *Rev. Bras. Cienc. Solo* 36( 5): 1407-1417.
- Paleologos, MF; CC Flores; SJ Sarandón; SA Stupino & MM Bonicatto. 2008. Abundancia y diversidad de la entomofauna asociada a ambientes seminaturales en fincas hortícolas de La Plata, Buenos Aires, Argentina. *Rev. Bras. Agroecología* 3(1): 28-40.
- Peña Guzmán, LE. 1996. Introducción al estudio de los insectos de Chile. 4ta. Ed. Universitaria S.A. Santiago de Chile. 261pp.
- Pontégnie, M; G du Bus de Warnaffe & P Lebrun. 2005. Impacts of silvicultural practices on the structure of hemi-edaphic macrofauna community. *Pedobiol.* 45: 199-210.
- Pretzsch, H; J Block; J Dieler; PH Dong; U Kohnle; J Nagel; H Spellmann & A Zingg. 2010. Comparison between the productivity of pure and mixed stands of Norway spruce and European beech along an ecological gradient. *Ann. For. Sci.* 67: 712-724.
- Prieto, D; M Reinés; M Díaz; V González; T Tcherva & C Rodríguez. 2003. Caracterización de la biodiversidad de la fauna edáfica cubana. Informe final de proyecto. Programa ramal «Sistemática y colecciones biológicas». Facultad de Biología, universidad de La Habana.
- Ramírez, MJ. 1999. Orden Araneae. En: Crespo, FA; Iglesias, MS & Valverde, AC (eds). EL ABC en la determinación de artrópodos. Claves para especímenes presentes en la Argentina I. Editorial CCC Educando, Buenos Aires. 107 pp.
- Ramírez Maneses, A. 2009. Diversidad florística y macrofauna edáfica en plantaciones agroforestales de cacao en Cárdenas, Tabasco. Tesis presentada en opción al grado de Maestría en Ciencias. Instituto de Enseñanza e Investigación en ciencias Agrícolas, H. Cárdenas Tabasco, México. 99 pp.
- Righi, G. 1979. Introducción al estudio de las lombrices del suelo (Oligoquetos Megadrilos) de la provincia de Santa Fe (Argentina). *Rev. Asoc. Cienc. Nat. Litoral*, 10: 89-155.
- Rodríguez, C. 2000. Comunidades de lombrices de tierra (Annelida, Oligochaeta) en ecosistemas con diferente grado de perturbación. *Rev. Biol.* 14: 147-155.
- Rodríguez, I; V Torres; G Crespo & S Fraga. 2002. Biomasa y diversidad de la macrofauna del suelo en diferentes pastizales. *Rev. Cub. Cien. Agr.* 36(4): 403-408.
- Rossi, JP; J Mathieu; M Cooper & M Grimaldi. 2006. Soil macrofaunal biodiversity in Amazonian Pastures: Matching sampling with Patterns. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2178-2187.
- Rousseau, L; S Fonte; O Téllez; R van der Hoek & P Lavelle. 2013. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. *Ecol. Indic.* 27: 71-82.
- Saavedra de C. E; DE Florez & HC Fernández. 2007. Capacidad de depredación y comportamiento de Alpaida (Araneae: Araneidae) en cultivo de arroz. *Rev. Colomb. Entomol.* 33(1): 74-76.
- Salmona, S; J Mantela; L Frizzerab & A Zanellac. 2006. Changes in humus forms and soil animal communities in two developmental phases of Norway spruce on an acidic substrate. *Forest Ecol. Manag.* 237(1-3): 47-56.
- Samu, F & C Szinetár. 2002. On the nature of agrobiont spiders. *J. Arachnol.* 30: 389-402.
- Siqueira, GM; EFF Silva & J Paz-Ferreiro. 2014. Land use intensification effects in soil arthropod community of an Entisol in Pernambuco State, Brazil. *The Scientific World Journal* 1-7.
- Schmidt, MH; I Roschewitz; C Thies; & T Tschardtke. 2005. Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. *J. Appl. Ecol.* 42: 281-287.
- Schmidt, M & T Tschardtke. 2005a. Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields. *J. Biogeog.* 32: 46-473.
- Tapia, CS; B Pashanasi & D Castillo. 2002. Estudio preliminar de la macrofauna del suelo en áreas de varillales y chamizales de la Amazonia Peruana. *OLIA AMAZONICA* 13(1-2): 65-86.
- Tsiadouli, MA; E Thebault; SP Sgardelis; PC de Ruiter; WH van der Putten; K Birkhofer; L Hemerik; FT de Vries; RD Bardgett; MV Brady; L Bjornlund; H Bracht Jörgensen; S Christensen; T D'Hertefeldt; S Hotes; WHG Hol; J Frouz; M Liiri; SR Mortimer; H Setälä; J Tzanopoulos; K Uteseny; V Pizl; J Stary; V Wolters & K Hedlund. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology* 21(2): 979-985.
- Universidad Nacional del Litoral (UNL). 2016. Santa Fe. Clima. Disponible: <http://www.unl.edu.ar/santafe/index.php/geografia/clima.html>. Fecha de último acceso: 10/02/2016.
- Vallet, P & T Perot. 2011. Silver fir stand productivity is enhanced when mixed with Norway spruce: evidence base don large-scale inventory data and a generic modeling approach. *J. Veg. Sc.* 22: 932-942.

- Vasconcelos, HL. 2008. Formigas do solo nas Florestas da Amazonia: Padroes de diversidade e respostas aos disturbios naturais e antrópicos. Em: FMS Moreira, JO Siqueira e L Brussaard (eds). Biodiversidade do solo em ecossistemas brasileiros. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brazil. 768 pp.
- Vasconcelos, A; AG Bandeira; FM Moura; VF Araújo; AB Gusmao & R Constantino. 2010. Termite assemblages in three habitats under different disturbance regimes in the semi-arid Caatinga of NE Brazil. *J. Arid Environ.* 74: 298-302.
- Vasconcelos, RLF; JC Segat; JA Bonfim; D Baretta & EJB Cardoso. 2013. Soil macrofauna as an indicator of soil quality in an undisturbed riparian forest and recovering sites of different ages. *Eur. J. Soil Biol.* 58, 105-112.
- Vásquez Vela, ALM. 2014. Valoración comparativa de la macrofauna de lombrices en sistemas agroforestales de café orgánico y convencional en contraste con cultivos en pleno sol y bosque, durante la época lluviosa y seca en Turrialba, Costa Rica. Tesis presentada en opción al grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica. 99 pp.
- Velásquez, E; P Lavelle & M Andrade. 2007. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biol. Biochem.* 39: 3066-3080.
- Velásquez, E; P Lavelle; C Rendeiro; M Martins; S Barot & M Grimaldi. 2009. Cambios en las comunidades de plantas influenciados por la macroagregación del suelo a través de las actividades de la macrofauna del suelo en la Amazonia brasileira. [http://www.iamazonia.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadedesolo/pdf/Resumos/Painel3\\_VelasquezE.pdf](http://www.iamazonia.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadedesolo/pdf/Resumos/Painel3_VelasquezE.pdf). Fecha de último acceso: 20/11/2015.
- Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sc.* 37(1): 29-38.
- Xiuqin, Y & Z Tingcheng. 2001. Study of the diversity of soil animal's community in the Songnen plain grassland of China. XIX International Grassland Congress. Brasil. 23 pp.
- Zerbino, MS; N Altier; A Morón & C Rodríguez. 2008. Evaluación de la macrofauna del suelo en sistemas de producción en siembra directa y con pastoreo. *Agrociencia* 12(1): 44-55.
- Zerbino, MS. 2011. La macrofauna del suelo y su relación con la heterogeneidad florística. En: Bases Ecológicas y Tecnológicas para el manejo de pastizales. Ed. Unidad de Comunicación y Transferencia de tecnología del INIA. Montevideo, Uruguay. 98-111.

