

# MEGADRILOGICA

Volume 15, Number 10, August 2012

## EVALUACIÓN PRELIMINAR DE DOS TIPOS DE DIETA EN LA ESPECIE *ENDOGEA APORRECTODEA TRAPEZOIDES* (DUGÈS, 1828) (OLIGOCHAETA: LUMBRICIDAE)

Carolina Elisabet Masin<sup>1</sup> y Alba Rut Rodríguez<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Grupo Medio Ambiente, INTEC (Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química);  
Universidad Nacional del Litoral, CONICET, Santa Fe, Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Humanidades y Ciencias - Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.  
(Correo electrónico: cemb@hotmail.com; albarutr@santafe-conicet.gov.ar)

### ABSTRACT

This study assessed *Aporrectodea trapezoides* capacity for their use in vermicomposting technology because numerous studies have demonstrated the suitability of earthworms to in organic waste treatment. As food source, we considered two types of diet treatments: Diet I with pure (3:3) ground dried cow dung and Diet II with dried cow manure and domestic vegetable waste (1:3). The variables: behaviour, biomass, number of clitellates and cocoons at 40 and 60 days of experience were evaluated. Biomass was significantly higher ( $p < 0.05$ ) in heterogeneous organic substrate (Diet II) compared to a simple diet (Diet I). Bioaggregates and cocoons production in Diet I earthworms were higher than under Diet II treatment.

**Key words:** Oligochaeta, Lumbricidae, diet, vermicompost, *Aporrectodea trapezoides*

### RÉSUMÉ

Cette étude a évalué la capacité d'utiliser *Aporrectodea trapezoides* pour le vermicompostage suite à plusieurs études qui ont démontrées la pertinence des vers de terre pour traiter les déchets organiques. Comme source de nourriture, deux types de traitements alimentaires furent considérés : la diète I contenait de la bouse de vache pure, séchée et finement broyée (3:3), et la diète II contenait un mélange de fumier de vache séché et de déchets domestiques végétaux (1:3). Les différents comportements, la biomasse et le nombre de clitellates et de cocons furent évalués 40 et 60 jours après le début de l'expérience. La biomasse était significativement plus élevées ( $p < 0.05$ ) avec la diète II, cette dernière offrant un substrat organique hétérogène en comparaison à la diète simple (diète I). La production de bioaggrégats et de cocons étaient supérieure dans le traitement avec la diète I.

**Clé mots:** Oligochaeta, Lumbricidae, diète, vermicompostage, *Aporrectodea trapezoides*.

### RESUMEN

Numerosas investigaciones han demostrado la capacidad y utilidad de las lombrices de tierra en el tratamiento de los residuos orgánicos. El presente estudio evalúa la capacidad de la especie *Aporrectodea trapezoides* en la degradación de diferentes sustratos orgánicos con posibilidades de aplicación en el método de vermicompostaje. Se consideraron como tratamientos dos tipos de dietas: I: estiércol de vaca seco molido (3:3) y II: estiércol de vaca seco molido y residuos vegetales domésticos (1:3). Las variables evaluadas fueron: comportamiento, biomasa, número de adultos clitelados y ootecas a los 40 y 60 días. Los resultados mostraron que la biomasa fue significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en el sustrato orgánico heterogéneo (Dieta II) en relación a la dieta basada en un único alimento (Dieta I). La producción de bioagregados y ootecas fue mayor en las lombrices bajo el tratamiento Dieta II.

**Palabras claves:** Oligochaeta, Lumbricidae, dieta, lombricompost, *Aporrectodea trapezoides*.

## INTRODUCCIÓN

Las lombrices de tierra representan el mayor porcentaje de la biomasa de invertebrados en la mayoría de los ecosistemas terrestres, interviniendo significativamente tanto en las propiedades físicas y químicas del suelo como en su estructura, a través de la aireación e infiltración, la aceleración de la descomposición de la materia orgánica (MO) y reciclado de nutrientes, mediante sus efectos sobre los procesos de inmovilización y humificación (Anderson y Flanagan, 1989; Lavelle *et al.*, 1992; Ríos, 2005).

La descomposición de la materia orgánica incluye dos fases diferentes en relación a la actividad de las lombrices de tierra: 1- una fase activa o directa, durante la cual las lombrices procesan la materia orgánica, modificando sus propiedades físicas y su composición microbiana; y 2- una fase de maduración o indirecta durante la cual los microbios asumen el control de la descomposición del material previamente procesado por las lombrices (Domínguez, 2004; Loes *et al.*, 2006).

El vermicompostaje es un proceso afín al compostaje, ya que al igual a éste involucra un proceso de descomposición de desechos orgánicos a través de la actividad de microorganismos, pero con integración de las acciones de las lombrices de tierra (Tucker, 2005). Las transformaciones de las propiedades físico-químicas y bioquímicas de los sustratos orgánicos y, la rapidez con que estas transformaciones ocurren, dependen básicamente de las relaciones entre las lombrices de tierra y los microorganismos (Aira *et al.*, 2002, 2006, 2007a, 2007b). Según Álvarez (2005) el componente microbiano interviene en gran medida en el proceso de descomposición, convirtiéndolo en un sumidero o fuente de nutrientes.

Se han descrito más de 8000 especies de lombrices de tierra, aunque de la gran mayoría sólo se conoce el nombre y su morfología, desconociéndose su biología y ecología (Domínguez *et al.* 2009). Las distintas especies de oligoquetos terrestres tienen estrategias vitales diferentes y ocupan nichos ecológicos distintos. Se clasifican sobre la base de su alimentación y de la zona del suelo en la que viven, en tres categorías ecológicas: epigeas, anécicas y endogeas (Bouché, 1977).

Las especies epigeas (*Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Eisenia eiseni*, *Lumbricus rubellus*, *Eudrilus eugeniae*, entre otras) viven en el horizonte orgánico, en o cerca de la superficie del suelo, alimentándose

principalmente de materia orgánica en descomposición (restos de vegetales, heces de animales, *etc.*) (Domínguez *et al.*, 2009). Las endogeas (*Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea rosea*, *Octolasion tyrtaeum*, *Polypheretima elongata*, entre otras) viven a mayor profundidad en el perfil del suelo, se alimentan principalmente de material inorgánico asociado a materia orgánica y construyen galerías horizontales muy ramificadas (Lakhani y Satchell, 1970; Domínguez *et al.*, 2010). Las especies anécicas (*Lumbricus terrestris*, *Lumbricus friendii*, *Octodrilus complanatus*, *Aporrectodea trapezoides*, entre otras) viven en forma más o menos permanentes en galerías verticales, que se extienden a varios metros hacia el interior del perfil del suelo. Estas especies por las noches emergen a la superficie para alimentarse de hojarasca, heces y materia orgánica en descomposición, que transportan al fondo de sus galerías (Domínguez *et al.*, 2010). Algunos autores (Momo *et al.*, 1993; Falco *et al.*, 1995; Herrera y Mischis, 2007) consideran a la especie *A. trapezoides* como endogea, siendo muy frecuente en sitios perturbados principalmente aquellos dedicados a la actividad agrícola y ganadera, con buena o escasa cantidad de materia orgánica.

Tradicionalmente de las tres categorías ecológicas las especies epigeas han sido las más utilizadas en vermicultura y vermicompostaje (Haimi, 1990; Aira y Domínguez, 2010); no obstante, estudios posteriores (Gajalakshmi *et al.*, 2001; Tripathi y Bhardwaj, 2004; Domínguez *et al.*, 2010) muestran la posibilidad de utilizar también especies anécicas.

El presente estudio evaluó la capacidad *Aporrectodea trapezoides* para degradar diferentes sustratos orgánicos con el objetivo de determinar si es una especie factible de ser utilizada en vermicompostaje.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ejemplares de *A. trapezoides* utilizados en el bioensayo fueron colectados en un suelo de bosque nativo de la localidad de Naré (Santa Fe, Argentina); el suelo utilizado en el bioensayo fue colectado en este mismo sitio. Durante un mes se las mantuvo en laboratorio para aclimatarlas en un cajón plástico de 50x30cm con suelo del mismo lugar. En la aclimatación se mantuvieron los mismos valores de temperatura, fotoperíodo y humedad aplicados posteriormente al bioensayo; la alimentación estuvo sujeta a los nutrientes del sustrato suelo del cajón.

Previo al inicio del ensayo las lombrices fueron sometidas a un ayuno de 24 horas. El bioensayo consistió en dos tratamientos Dieta I (0,5g de estiércol de vaca seco y molido finamente) y Dieta II (0,5g de una mezcla de estiércol de vaca seco molido más residuos de vegetales domésticos en proporción 1:3). Cada tratamiento presentó dos réplicas, donde cada una constó de un grupo de cinco lombrices adultas de *A. trapezoides* de  $3.60 \pm 0.4g$ , colocadas en cajas plásticas numeradas de 15x12x6cm con tapas perforadas para facilitar la aireación y mantener la humedad a 25%. Cada caja contenía 500g de suelo y la temperatura ambiente fue de  $20 \pm 2^\circ C$ , y el fotoperíodo de 24 h luz. Experiencias previas en nuestro laboratorio mostraron que *A. trapezoides* presenta una alta sensibilidad al manipuleo de los controles semanales, por lo cual la toma de datos fue realizada al inicio y a los 40 y 65 días que duró el ensayo. La alimentación consistió en 0,5 g de estiércol (Dieta I) y 0,5 g de mezcla (Dieta II) suministrados cada 15 días. Las variables de respuesta evaluadas fueron biomasa, cambios comportamentales, número de adultos clitelados y producción de ootecas. Los datos de biomasa y ootecas se analizaron mediante la prueba *t* de Student.

## RESULTADOS

En ambos tratamientos no se registró mortalidad pero el aspecto de los individuos difirió notablemente entre ambos tipos de Dieta, ya que en los individuos de la Dieta I el aspecto externo se mostró muy desmejorado (Figura 1).

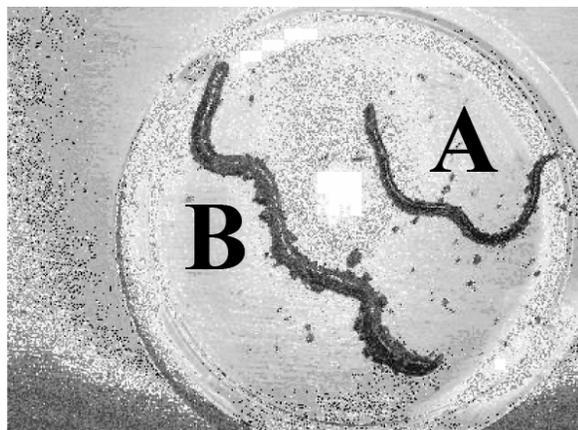


Fig. 1. Aspecto externo de *Aporrectodea trapezoides* en Dieta I (A) y Dieta II (B).

En relación al aspecto del sustrato, la superficie de las cajas de ambas dietas presentó

características distintas. A los 25 días del inicio del bioensayo se observaron bioagregados (heces de lombrices) en la superficie del suelo, siendo más abundantes en el sustrato de la Dieta II (Figura 2). Las réplicas del tratamiento Dieta II presentaron la superficie del suelo totalmente cubierta de bioagregados, mientras que en Dieta I la disposición de los mismos fue escasa y localizada. Esta diferencia se mantuvo hasta el final del experimento, lo que muestra a su vez que la dinámica de las lombrices en el tratamiento Dieta II fue superior a los de la Dieta I.

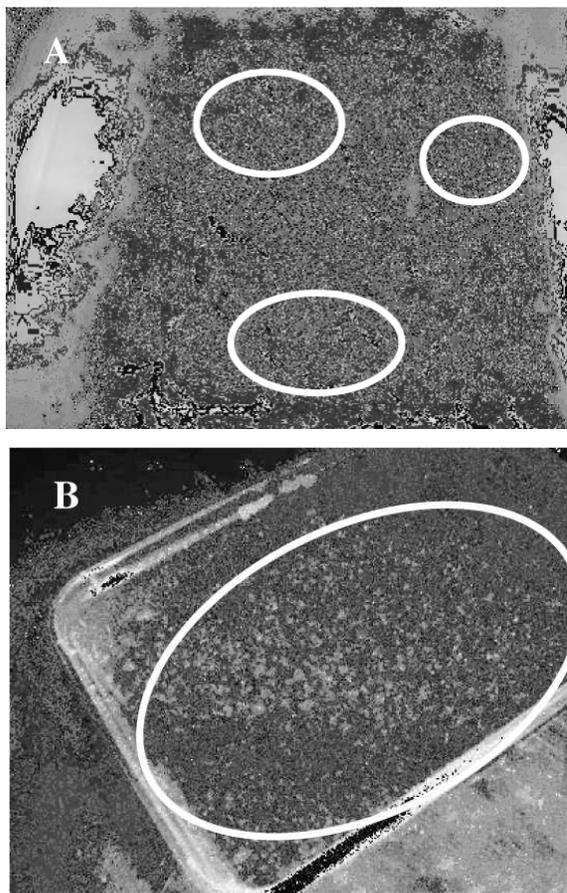
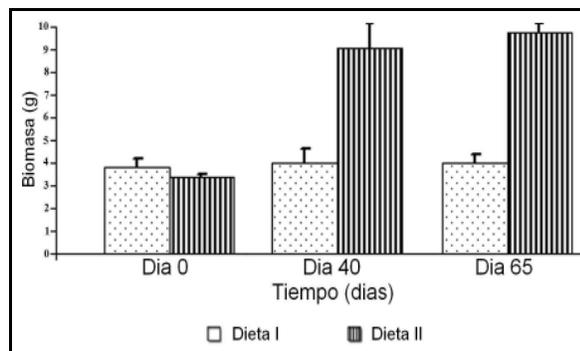


Fig. 2. Bioagregados (marcados con círculos blancos) dispuestos superficialmente en las cajas de los tratamientos Dieta I (A) y en Dieta II (B).

Como se observa en la Figura 3, la biomasa de los oligoquetos mostró diferencias a lo largo de la experiencia, con un incremento total del 186,72% en la Dieta II respecto a 4,72% en la Dieta I. Las diferencias fueron significativas, tanto a los 40 días

( $p=0,041$ ) como al final del bioensayo ( $p=0,021$ ), correspondiendo a la biomasa de los individuos de la Dieta II los valores más altos respecto a los individuos de la Dieta I (9,05g y 9,72g, y 3,99g y 4g, respectivamente).

Al momento de alimentar a las lombrices, se observaron restos de alimento en las cajas de la Dieta I, a diferencia de las de la Dieta II en las cuales siempre hubo gran cantidad de bioagregados. Este fenómeno se repitió cada vez que se suministró alimento. El aumento de peso de las lombrices de la Dieta I no fue significativo (Figura 3).



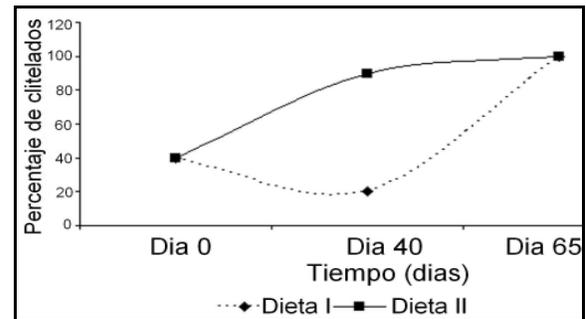
**Fig. 3.** Biomasa (g) de oligoquetos de los tratamientos Dieta I y Dieta II durante el ensayo. Las líneas indican el desvío estándar.

El número de individuos con clitelo varió a lo largo del bioensayo. Al inicio ambos tratamientos presentaron 40% de individuos clitelados; a los 40 días el tratamiento Dieta I mostró sólo 20%, mientras que la Dieta II alcanzó 90%. Al finalizar el bioensayo todos los individuos de los dos tratamientos presentaron el clitelo (Figura 4). Aunque las lombrices del tratamiento Dieta I presentaron clitelo, éste fue más tenue con un abultamiento epidérmico y coloración menor respecto a los individuos del tratamiento Dieta II.

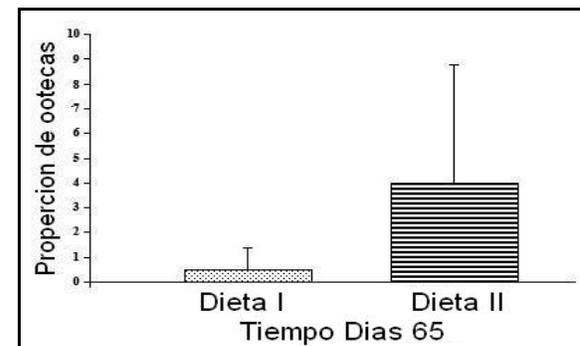
Respecto a la producción de ootecas hubo diferencias significativas ( $p=0,05$ ), en donde el mayor valor promedio encontrado al final de la experiencia fue en la Dieta II, muy alejado del obtenido para los de la Dieta I (Figura 5).

## DISCUSIÓN

Los materiales orgánicos de los que se alimentan las lombrices de tierra contienen diferentes poblaciones de microorganismos, quienes



también constituyen parte de su alimento. Estos **Fig. 4.** Porcentaje de lombrices cliteladas en Dieta I y Dieta II.



**Fig. 5.** Producción promedio de ootecas al final de la experiencia en Dieta I y Dieta II. Las líneas indican el desvío estándar.

microorganismos al ser ingeridos por las lombrices estimulan la actividad de la población microbiana intestinal; ésta aporta enzimas extracelulares que aumentan la degradación, resultando en bioagregados biológicamente activos y homogeneizados respecto al alimento original consumido. Esta capacidad para generar bioagregados sumado a la dinámica (movilidad) de las lombrices en relación a la formación de madrigueras, estimula la producción de moco, favorece la aparición de nueva microflora y aumenta la aireación del microhabitat, factores todos que favorecen los procesos de descomposición de la materia orgánica (Doube y Brown, 1998; Tiunov y Scheu, 1999; Tucker, 2005; Domínguez *et al.*, 2009).

Según Jiménez *et al.* (2003) factores como humedad, densidad y calidad del sustrato alimenticio influyen en la dinámica y fisiología de las lombrices, que a su vez condicionan la producción de heces. Las

deyecciones aportan nutrientes y microorganismos capaces de modificar y acelerar los procesos de descomposición de la MO, ayudando tanto a la formación de compuestos orgánicos complejos (humus de lombriz) como a su mineralización (Brown y Doube, 2004; Reséndez, 2005; Aira *et al.*, 2006; Aira y Domínguez, 2009).

Los resultados en el incremento de la biomasa de los oligoquetos del tratamiento Dieta II podrían deberse a que la heterogeneidad del sustrato orgánico influye notablemente en el desarrollo (Domínguez *et al.*, 2009). Estudios realizados por Butt (1993) y Elvira y Domínguez (1995) consideran que una dieta basada en un único alimento, en este caso estiércol de vaca, se muestra como una alimentación poco equilibrada, y que las respuestas de las lombrices a un alimento tiende a ser altamente dependiente.

Los valores de Carbono/Nitrógeno (C/N) juegan un rol fundamental en el crecimiento de las lombrices en donde la disponibilidad de C es el factor limitante para la biomasa, compitiendo por este elemento con la comunidad de microorganismos (Tiunov y Scheu, 2004). Al afectar el desarrollo de las poblaciones microbianas, las lombrices reducen tanto su fuente de alimento como la actividad de descomposición de la fracción orgánica particulada. La disponibilidad de carbono controla la velocidad de los procesos de descomposición, a la vez que limita el crecimiento de las lombrices, especialmente endógeas y anécicas, hechos que sugieren la existencia de un cierto grado de competencia entre las lombrices y la microflora y microfauna edáfica por los depósitos de C (Scheu y Schaefer, 1998; Tiunov y Schau, 2004). Son escasos los estudios enfocados al papel de la actividad de las lombrices en el ciclo del C y de los nutrientes, sin embargo algunos autores (Kale y Krishnamoorthy, 1981; Fisher *et al.*, 1994; Domínguez *et al.*, 2009) destacan la importancia que tiene la relación C/N del suelo en las lombrices, incidiendo en la formación, cantidad y calidad de bioagregados, en el aumento de biomasa y en la densidad poblacional.

La Tabla 1 muestra los porcentajes de incremento de la biomasa total en especies anécicas (*D. willsi*, *L. mauritti*) y epigeas (*E. fetida*, *E. eugeniae*) en comparación con los valores encontrados en este estudio para la especie endógea (*A. trapezoides*). Edwards y Burrows (1988), Butt (1993), Elvira y Domínguez (1995), García y Fragoso (2003), Gajalakshmi y Abbasi (2004) y Tripathi *et al.* (2004)

concluyen que el aumento de peso de las lombrices de tierra está condicionado no sólo por la especie, humedad y temperatura ambiental sino también por el tipo de alimentación y la palatabilidad del mismo. Asimismo, los estudios realizados por Tucker (2005) señalan que las mezclas o combinaciones de alimentos contribuyen a mejorar el equilibrio de nutrientes, incrementar las poblaciones y diversidad de microorganismos y optimizar las actividades microbianas y enzimáticas de las paredes del intestino de las lombrices de tierra. Basados en nuestros resultados la endógea *A. trapezoides* puede ser usada eficazmente en vermicompostaje.

La disponibilidad de alimentos junto a la densidad poblacional determina el tiempo necesario para alcanzar la madurez sexual de las lombrices de tierra (Neuhauser *et al.* 1980). Si bien *A. trapezoides* presenta una tasa de reproducción baja en su ciclo de vida, esta característica -particularmente en los organismos de la Dieta I-, se acentuó aún más debido a la calidad de los nutrientes aportados en su alimentación. Domínguez *et al.* (2000) y Chaudhari y Bhattacharjee (2002) sugieren que la calidad y cantidad de la dieta también influye en la tasa de crecimiento y fecundidad de las lombrices tal como se observa en nuestro trabajo donde la mayor producción de ootecas ocurrió en los individuos de la Dieta II; coincidiendo también con el estudio de Yadav *et al.* (2010) quienes observaron mayor número de ootecas en lombrices sometidas a una alimentación basada en una mezcla orgánica.

## CONCLUSIÓN

La especie *Aporrectodea trapezoides* mostró preferencias alimenticias por sustratos orgánicos heterogéneos.

La calidad de la alimentación influye en la formación y cantidad de bioagregados, en el aumento de biomasa y en el desarrollo y capacidad reproductiva de *A. trapezoides*.

Si bien es necesario profundizar las investigaciones, las lombrices de tierra de hábito endógeo podrían ser utilizadas en vermicompostaje.

## Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el laboratorio del Grupo de Medio Ambiente del Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC-UNL-CONICET), de la ciudad de Santa Fe.

**Table 1.** Incremento de biomasa en especies de lombrices terrestres pertenecientes a diferentes categorías ecológicas mantenidas en distintos sustratos orgánicos.

Especie	Categoría	Biomasa Ecológica	Tiempo Total	Alimento	Autor
<i>Eudrilus eugeniae</i>	epigea	171,50 %	180 días	residuos vegetales de <i>Eicchornia crassipes</i> + estiércol vacuno (6:1)	Gajalakshmi, Ramasamy y Abbasi (2001)
<i>Perionyx excavatus</i>	epigea	195,45 %			
<i>Lampito mauritii</i>	anécica	161,80 %			
<i>Drawida willsi</i>	anécica	172,72 %			
<i>Eisenia fetida</i>	epigea	60,79 %	70 días	Heces humana + compost de residuos domiciliarios (1:1)	Birri y Rodríguez (2007, no publicado)
<i>Eisenia fetida</i>	epigea	49,63 %	56 días	estiércol vacuno	Ricardo, Maitre y Rodríguez (2010)
<i>Eisenia fetida</i>	epigea	700 %	252 días	vermicompost + purin de cerdo	Arias y Domínguez (2010)
<i>Eisenia fetida</i>	epigea	22-37 %	60 días	suelo + vermicompost + heces humanas	Yadav, Tare y Ahammed (2010)
<i>Aporrectodea trapezoides</i>	endogea	<u>4,72 %</u> 186,72 %	65 días	estiércol vacuno + residuos vegetales domésticos + estiércol (3:1)	Masin y Rodríguez (presente trabajo)

## BIBLIOGRAFÍA

- Aira, M., F. Monroy, J. Domínguez and S. Mato. 2002. How earthworm density affects microbial biomass and activity in pig manure. *European Journal of Soil Biology* 38: 7-10.
- Aira, M., F. Monroy and J. Domínguez. 2006. *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) activates fungal growth, triggering cellulose decomposition during vermicomposting. *Microbial Ecology* 52: 738-746.
- Aira, M., F. Monroy and J. Domínguez. 2007a. *Eisenia fetida* (Oligochaeta, Lumbricidae) modifies the structure and physiological capabilities of microbial communities improving carbon mineralization during vermicomposting of pig manure. *Microbial Ecology* 54: 662-671.
- Aira, M., F. Monroy and J. Domínguez. 2007b. Microbial biomass governs enzyme activity decay during aging of worm-woked substrates through vermicomposting. *Journal of Environmental Quality* 36: 448-452.
- Aira, M. and J. Domínguez. 2009. Microbial and nutrient stabilization of two animal manures after the transit through the gut of the earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Hazardous Materials* 161: 1234-1238.
- Aira, M. y J. Domínguez. 2010. Las lombrices de tierra y los microorganismos: desentrañando la caja negra del vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s) Número Especial 2: 385-395.
- Álvarez, S. 2005. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Ecosistemas* 14 (2): 17-29.
- Anderson, J.M. and P.W. Flanagan. 1989. Biological processes regulating organic matter dynamics in tropical soils. *En: Colemam D. C.; J. M. Oades and G. Uehara (eds.). Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. Honolulu, HI: University of Hawaii Press, pp 97-123.
- Bouché, M.B. 1977. Strategies lombriciennes. *En: Lohm U. and T. Persson (eds.). Soil Organisms as Components of Ecosystems*. Biology Bulletin, Stockholm, Sweden, pp 122-132.
- Brown, G.G. and B. Doube. 2004. Functional interactions between earthworms, microorganisms, organic matter, and plants. Pp 213-224. *En: Edwards C. A. (ed.). Earthworm Ecology*, 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton, USA: CRC Press, 441 p.
- Butt, K.R. 1993. Utilization of solid paper mill sludge and spent brewery yeast as a feed for soil dwelling earthworms. *Bioresource Technology*. 44 (2), 105-107.

- Chaudhuri, P.S. and G. Bhattacharjee. 2002. Capacity of various experimental diets to support biomass and reproduction of *Perionyx excavatus*. *Bioresource Technology* 82:147-150.
- Domínguez, J., C.A. Edwards and M. Webster. 2000. Vermicomposting of sewage sludge: effect of bulking materials on the growth and reproduction of the earthworm *Eisenia andrei*. *Pedobiologia* 44: 24-32.
- Domínguez, J. 2004. State of the art and new perspectives on vermicomposting research. Pp 401-424. *En: Edwards C. A. (ed.) Earthworm Ecology, 2<sup>nd</sup> ed.* Boca Raton USA: CRC Press, 441 p.
- Domínguez, J.; M. Aira y M. Gómez-Brandón. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Ecosistemas* 18 (2): 20-31. [España]
- Domínguez, J.; M. Aira y M. Gómez-Brandón. 2010. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.) Número Especial 2*: 309-320.
- Doube, B.M. and G.G. Brown. 1998. Life in a complex community: functional interactions between earthworms, organic matter, microorganisms, and plant growth. Pp 179-211. *En: Edwards C. A. (ed.) Earthworm Ecology*, Boca Raton, USA: St. Lucie Press, vi + 389 p.
- Edwards C.A. and I. Burrows. 1988. The potential of earthworm compost as plant growth media. *En: Edwards C. A. and E. Neuhauser (eds.) Earthworms in Waste and Environmental Management*. The Hague Netherlands: SPB Academic Press., pp 21-32.
- Elvira, C. and J. Domínguez. 1995. Vermicomposting for the paper pulp industry. *Biocycle* 36(6): 62-63.
- Falco, L., F.R. Momo y E.B. 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.
- Fisher, M.J., I.M. Rao, M.A. Ayarza, C.E. Lascano, J.I. Sanz, R.J. Thomas and R.R. Vera. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature* 371: 236-238.
- Gajalakshmi, S., E.V. Ramasamy and S.A. Abbasi. 2001. Screening of four species of detritivorous (humus-former) earthworms for sustainable vermicomposting of paper waste. *Environmental Technology* 22 (6): 679-85.
- Gajalakshmi, S.; E.V. Ramasamy and S.A. Abbasi. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water Hyacinthe. *Bioresource Technology* 76: 177-181.
- Gajalakshmi, S. and S.A. Abbasi. 2004. Vermi-conversion of paper waste by earthworm born and grown in the waste-fed reactors compared to the pioneers raised to adulthood on cowdung feed. *Bioresource Technology* 94: 53-56.
- García, J. A. y Frago, C. 2003. Influence of different food substrates on growth and reproduction of two tropical earthworm species (*Pontoscolex corethrurus* and *Amyntas corticis*). *Pedobiologia* 47: 754-763.
- Haimi, J. 1990. Growth and reproduction of the compost living earthworms *Eisenia andrei* and *E. foetida*. *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol* 27(4): 415-21.
- Herrera, J. y C. Mischis. 2007. Capítulo 17: Diversidad, abundancia y distribución de la oligoquetofauna (Annelida) en áreas protegidas de Selva Subtropical de Montaña: La Reserva Fiscal Parque La Florida (Tucumán, Argentina). Pp 265-273. *En: Brown G. G. y C. Frago (eds.) Londrina, Brasil: Minhocas na América Latina: Biodiversidade e Ecologia*, 539 p.
- Jiménez, J.J., A.G. Moreno, T. Decaëns, P. Lavelle, M.J. Fisher y R.J. Thomas. 2003. Capítulo 4: Las comunidades de lombrices en las sabanas nativas y en los pastizales introducidos de los llanos orientales de Colombia. *En: Jiménez J.J y R.J. Thomas (eds.) Cali Colombia: El arado natural: Las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia*, pp 57-75.
- Kale, R.D. and R.V. Krishnamoorthy. 1981. What affects the abundance and diversity of earthworms in soils? *Proceedings Indian Academy of Science* 90(1): 117-121.
- Lakhani, K.H. and J.E. Satchell. 1970. Production by *Lumbricus terrestris* L. *Journal of Animal Ecology* 39: 473-492.
- Lavelle, P., A.V. Spain, E. Blanchart, A. Martin and S. Martin. 1992. The impact of soil fauna on the properties of soils in the humid tropics. *En: Sánchez P.A. and R. Lal (eds.) Myths and Science of Soil of the Tropic*. Soil Science Society of America, Madison USA, pp 157-185.

- Lores, M.; M. Gómez-Brandón; D. Pérez-Díaz and J. Domínguez. 2006. Using FAME profiles for the characterization of animal wastes and vermicomposts. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 2993-2996.
- Momo, F., C. Giovanetti y 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. *Ecología Austral* 3:7-14.
- Neuhauser, E.F., R. Hartenstein and D.I. Kaplan. 1980. Growth of the earthworm *Eisenia foetida* in relation to population density and food rationing. *Oikos* 35: 93-98.
- Reséndez Moreno, A. 2005. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales. 6to Simposio Nacional de Horticultura.
- Ricardo, T., M.I. Maitre y A.R. Rodríguez. 2010. Efectos subletales de la lambdacialotrina sobre *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta, Lumbricidae). *Ci. Suelo (Argentina)* 28(1):39-46.
- Ríos, Y.S. 2005. Importancia de las Lombrices en la Agricultura en Sistemas integrados de producción con no rumiantes. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Cátedra de Zoología Agrícola. [pp. 47-52] [http://mx1.rapaluruway.org/organicos/Importancia\\_lombrices\\_agricultura.pdf](http://mx1.rapaluruway.org/organicos/Importancia_lombrices_agricultura.pdf)
- Scheu S. and M. Schaefer. 1998. Bottom up control of the soil macrofauna community in a beechwood on limestone: manipulation of food resources. *Ecology* 79: 1573-1585.
- Tiunov, A. V. and S. Scheu. 1999. Microbial respiration, biomass, biovolume and nutrient status in burrow walls of *Lumbricus terrestris* L. (Lumbricidae). *Soil Biol. Biochem.* 31: 2039-2048.
- Tiunov, A.V. and S. Scheu. 2004. Carbon availability controls the growth of detritivores (Lumbricidae) and their effect on nitrogen mineralization. *Oecologia* 138: 83-90.
- Tripathi, G. and P. Bhardwaj. 2004. Comparative Studies on biomass production, life cycles and composting efficiency of *Eisenia fetida* (Savigny) and *Lampito mauritti* (Kinberg). *Bioresource Technology* 92: 275-283.
- Tucker, P. 2005. Co-composting paper mill sludges with fruit and vegetable wastes. NSCA (*ed.*). Brighton England, pp. 168 pp.
- Yadav, K.D.; V. Tare and M.M. Ahammed. 2010. Vermicomposting of source-separated human faeces for nutrient recycling. *Waste Management* 30: 50-56.

## Web Site for the Journal

**Megadrilologica:** <http://www.inhs.uiuc.edu/~mjwetz/Megadrilologica.home.html>