

EFFECTO DE LA VERMICULTURA EN LA DESCOMPOSICIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS

M^a del Mar DELGADO ARROYO, Miguel Ángel PORCEL COTS,
Rosario MIRALLES DE IMPERIAL HORNEDO, Eulalia M^a BELTRÁN RODRÍGUEZ,
Luisa BERINGOLA BERINGOLA y José V. MARTÍN SÁNCHEZ

Departamento de Medio Ambiente, INIA Apdo. 8111. 28080 Madrid. España, correo electrónico: delgado@inia.es

(Recibido enero 2002, aceptado enero 2004)

Palabras clave: vermicultura, lombriz roja de California, lodo de depuradora

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la aplicación de la vermicultura en la transformación de lodos de depuradoras urbanas, estimándose la capacidad de adaptación de la lombriz roja de California a distintas mezclas de lodos con otros residuos orgánicos, así como la calidad agronómica de los productos resultantes. Los datos obtenidos muestran que el número de lombrices disminuyó cuando el porcentaje de lodo tanto el compost Sur como el compost mezcla de varias depuradoras superó el 50 %. Con respecto a la evolución de los metales pesados totales en el vermicompost, no se observó una clara incidencia del proceso de vermicompostaje sobre el contenido de metales pesados del medio. Se encontró que las características agronómicas son mejoradas en el humus obtenido de la transformación de residuos orgánicos por medio de la lombriz roja de California, aumentando la riqueza en potasio y fósforo.

Key words: vermicomposting, red worm of California, sewage sludge

ABSTRACT

In this work, we evaluated the application of vermiculture for the transformation of sewage sludges. Results showed that the survival of earthworms under soil decreased when the sewage sludge contained about 50 % horse dung, for Sur compost and mix compost. The evolution of total heavy metals in the vermicompost was also studied. Their content was not affected by the worms treatment. Finally, the results obtained confirm the possibility to use vermicompost as fertilizer due its high value in nutrients specially in potassium and phosphorus, that were increased.

INTRODUCCIÓN

El rápido desarrollo tecnológico ha hecho perder de vista ciertos conocimientos tan antiguos como es el caso de la vermicultura, una actividad agraria que consiste en transformar todo tipo de residuos orgánicos por medio de las lombrices de tierra, obteniéndose un fertilizante biorgánico de alto valor agronómico (Edwards *et al.* 1988, Haimi y Hutha 1990).

Aristóteles definió a las lombrices como el intestino

de la tierra y hasta finales del siglo pasado fue cuando apareció la primera edición del libro *La formación del humus vegetal*, donde Darwin explica sus estudios y observaciones sobre el papel que desempeñan las lombrices en la transformación del suelo (Darwin, 1981).

Conscientes de ello, algunos agricultores estadounidenses seguidores de Darwin empezaron a utilizar las lombrices para la mejora de la fertilidad de terrenos agrícolas directamente o por medio de fertilizantes biorgánicos que se producen al transformar variados productos orgá-

nicos de las fincas agrícolas, convirtiéndose así en los pioneros de la técnica agrícola biológica que se está utilizando de nuevo (Lavelle 1988, Simek y Pizl 1989).

Posteriormente ya que los recursos naturales no son infinitos, sino limitados y que es necesario reciclarlos, la vermicultura ha tenido un auge y difusión enorme (Rafats 1988).

En España, con objeto de ofrecer una solución al problema de los residuos, se ha desarrollado una investigación en el campo de la vermicultura orientada a la obtención de productos orgánicos de mayor valor agronómico (Nogales *et al.* 1996).

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la utilización de la lombriz roja de California (*Lumbricus rubellus*) en la transformación de residuos urbanos (lodos procedentes de la depuración de aguas residuales y de residuos sólidos urbanos), evaluando su capacidad de adaptación a distintas mezclas de lodo con estiércol y comprobando las características agronómicas del producto resultante de dicha transformación para reutilizarlo como abono orgánico-mineral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para estudiar la supervivencia de la lombriz roja de California (*Lumbricus rubellus*), el ensayo se llevó a cabo durante un año, en un invernadero a temperatura (19 a 20 °C) y humedad (70 a 80 %) óptimas para su desarrollo, empleando literas de 2 m de ancho por 16.5 m de largo divididas en once partes iguales de 2 m x 1.5 m en el sentido longitudinal de las camas de lombrices. La altura de los lechos estuvo comprendida entre 20 y 25 cm dependiendo de las mezclas efectuadas.

Primero se incorporó un lecho de humus de lombriz que sirvió de cama, después la lombriz roja de California y por último mezclas de estiércol de ganado equino con distintas proporciones de dos tipos de compost de lodo: uno procedente de la depuradora Sur que fue necesario compostar previamente a su utilización y otro ya compostado que procedía de la mezcla de lodos de cuatro estaciones depuradoras de Madrid, cuyo proceso de fabricación consistió en secado, fermentación aeróbica termófila por volteos, maduración, molturación y refinado.

Al iniciar y al finalizar el ensayo se determinaron los siguientes parámetros: temperatura, pH, midiéndose en un extracto con agua (1:2.5), conductividad eléctrica también en un extracto con agua (1:5.0) (dS/m), fósforo asimilable por el método de Olsen, carbono orgánico oxidable por el método de Walkey-Black (APHA, AWWA, WPCF 1992), nitrógeno total por el método de Kjeldahl (Hesse 1971), contenido de nitrógeno mineral ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) por el método Bremner por arrastre de vapor y concentraciones de Ca, Na, K, Mg, P total y metales pesados por

el método de espectroscopía de absorción atómica después de una digestión ácida con $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (Sims y Kline 1991).

Para estudiar la población de lombrices se hizo un muestreo al azar utilizando un marco de 0.5 m x 0.5 m de lado a una profundidad de 20 cm. El marco se situó en el centro del lecho para eliminar el efecto de borde (Allen 1990).

Antes de realizar el ensayo fue necesario compostar el lodo procedente de la depuradora Sur ya que existían problemas de supervivencia de las lombrices, posiblemente por la falta de aireación del medio (Bouwman y Reinecke 1991).

A los resultados se les calculó la desviación estándar y se le aplicó un análisis de varianza (procedimiento GLM del SAS/STAT versión 6.12, 1989) para el estudio de la supervivencia de la lombriz roja de California en diferentes mezclas de estiércol con lodo y análisis de covarianza para el estudio de los metales pesados y características agronómicas al iniciar y al finalizar el vermicompostaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos indican que:

La temperatura media a 50 cm ascendió paulatinamente durante la primera semana hasta alcanzar 49 °C, y luego descendió ligeramente como consecuencia del volteo. Posteriormente tuvieron lugar una serie de pequeñas elevaciones y descensos, siempre por encima de los 50 °C hasta el último mes en que se alcanzaron 68 °C.

En el sistema de volteo se observó una disminución muy lenta del contenido de materia orgánica, con fluctuaciones, debido al propio sistema de volteo, obteniéndose un porcentaje final de 20.5.

El contenido de nitrógeno en el primer mes del compostaje mantuvo valores aceptables, disminuyendo bruscamente a partir del segundo mes. Esta disminución coincidió con un aumento de la temperatura de la pila, lo que indica una volatilización de los grupos amoniacales.

El pH cambió de 5.2 a 7.2 como consecuencia de la degradación de ácidos orgánicos y el efecto amortiguador de la materia orgánica.

La humedad descendió en forma ligera y continúa desde 54 % hasta valores mucho más bajos al finalizar el compostaje (14.7 %).

En la **tabla I** se muestra la supervivencia de la lombriz con los diferentes tratamientos (porcentaje de lodo). Observó el descenso drástico del número de lombrices del medio cuando el porcentaje de lodo en la mezcla supera el 50 %, sin diferencias significativas en la supervivencia debido al lodo, pues ambos habían sufrido un proceso de compostaje (Shipitalo *et al.* 1988).

Según el dato de probabilidad solamente es significativo ($p < 0.05$) el efecto del porcentaje de lodo y no signifi-

TABLA I. SUPERVIVENCIA DE LA LOMBRIZ EN COMPOST SUR Y COMPOST MEZCLA (+ DESVIACIÓN ESTÁNDAR)

Tratamiento (porcentaje de lodo)	Lombrices en compost Sur	Lombrices en compost Mezcla	Media
0	1.044 (6.0)	1044 (6.0)	1044
15	891 (161.4)	830 (254.3)	860
30	806 (284.0)	960 (369.6)	880
50	664 (180.5)	757 (81.9)	710
75	500 (132.3)	465 (234.5)	483
100	450 (56.8)	495 (169.3)	472

Nota: Porcentaje de lodo (A): Significativo al 5%. Tipos de lodo (B): No significativo. Interacción porcentaje de lodo y tipo de lodo (AB): No significativo

ficativo ($p > 0.05$) los distintos tipos de lodos y la interacción porcentaje de lodo y tipo de lodo.

En la **tabla II** se muestra la evolución de los metales pesados de los valores medios de las mezclas de los dos tipos de lodos después del proceso de vermicompostaje. No hubo una clara incidencia de este proceso en el contenido de metales pesados en el medio y solamente se aprecian ligeras variaciones entre los valores iniciales y finales. Estudios realizados por Morgan y Morgan (1990, 1991) demostraron la capacidad para acumular diferentes concentraciones de metales pesados en los tejidos de la lombriz roja de California.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de covarianza considerando covariable el valor inicial de cada metal pesado. Los resultados muestran que solamente es significativo ($p < 0.05$) el efecto de los lodos para los

TABLA II. EVOLUCIÓN DE LOS METALES PESADOS TOTALES AL INICIO Y FINAL DEL VERMICOMPOSTAJE (+ DESVIACIÓN ESTÁNDAR)

Metales pesados	Compost mezcla (mg/kg)		Compost Sur (mg/kg)	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Ni	72 (24.2)	63 (11.5)	69 (13.0)	59 (5.3)
Cu	649 (23.3)	579 (22.5)	600 (20.0)	470 (15.0)
Cr	537 (38.3)	517 (37.2)	226 (50.0)	200 (47.7)
Zn	1149 (52.0)	1070 (81.8)	1934 (105.0)	1788 (118.0)
Pb	717 (85.4)	620 (61.4)	671 (60.5)	626 (51.0)
Cd	8.9 (2.5)	4.0 (1.8)	4.4 (2.6)	3.2 (1.5)

Nota: metales pesados Zn, Cd y Cu: Significativos al 2 %, 0.1 % y 0.2 %, respectivamente

metales pesados Zn y Cd con una p de 0.0202 y 0.0013, respectivamente. El efecto de los metales pesados solamente es significativo para el Cu con una p de 0.0021.

En la **tabla III**, se muestran los resultados sobre composición del estiércol y de los dos lodos utilizados en el experimento al inicio y al final del compostaje. Solamente se encontró en aumento del contenido de potasio y fósforo al final del compostaje.

Se han estudiado la desviación estándar (**Tabla IV**) y el análisis de covarianza, considerando covariable el valor inicial de cada parámetro. Los resultados muestran diferencias significativas en los lodos para los siguientes parámetros: humedad, materia orgánica total, carbono oxidable, N-NO₃⁻, P₂O₅, Na, CaO y MgO con una probabilidad de 0.0050, 0.0503, 0.0011, 0.0002, 0.0000, 0.0483, 0.0140 y 0.0507, respectivamente.

TABLA III. ANÁLISIS DEL ESTIÉRCOL, COMPOST MEZCLA Y COMPOST SUR AL INICIO Y AL FINAL DEL VERMICOMPOSTAJE

	Estiércol		Compost mezcla		Compost Sur	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Humedad	19.5	39.4	12.5	56.1	14.7	51.5
M. Orgánica (%)	51.0	44.9	43.6	30.2	50.5	37.5
C. Oxidable (%)	18.0	9.5	19.5	13.5	20.5	17.3
N-NH ₄ (mg/Kg)	511.0	73.3	660.0	178.6	19.0	195.1
N-NO ₃ (mg/Kg)	1688.0	601.3	973.0	688.7	866.0	233.9
N-total	1.5	0.8	2.9	1.9	2.1	1.7
pH	7.7	7.2	7.1	6.2	7.2	6.5
Peso E. (g/L)	493.0	-	716.0	-	743.0	-
C. Eléctrica	0.25	0.30	4.57	4.80	1.14	1.20
P ₂ O ₅ (%)	1.0	2.1	4.0	5.5	2.7	3.0
Na (%)	0.015	0.1	0.01	0.14	0.08	0.16
K ₂ O (%)	0.5	1.9	0.06	0.8	0.04	0.64
CaO (%)	0.76	4.9	0.74	6.8	0.69	6.4
MgO (%)	0.14	0.9	0.12	1.0	0.12	1.6

Nota: humedad, materia orgánica total, carbono oxidable, N-NO₃⁻, P₂O₅, Na, CaO y MgO: Significativos al 0.5 %, 5 %, 0.1 %, 0.02 %, 0 %, 5 %, 1 %, 5 % respectivamente

TABLA IV. DESVIACIÓN ESTÁNDAR DEL ANÁLISIS DEL ESTIÉRCOL, COMPOST MEZCLA Y COMPOST SUR AL INICIO Y AL FINAL DEL VERMICOMPOSTAJE (+)

	Estiércol		Compost mezcla		Compost Sur	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Humedad	3.0	4.6	2.0	2.3	0.9	3.9
M. Orgánica (%)	1.0	5.2	3.0	3.0	5.7	5.7
C. Oxidable (%)	3.1	1.6	2.1	1.0	5.0	2.2
N-NH ₄ (mg/Kg)	18.5	2.8	975	24.2	378	15.0
N-NO ₃ (mg/Kg)	151.0	92.0	71.9	13.6	119	48.7
N-total	1.2	0.7	0.4	1.1	1.6	0.8
pH	0.1	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4
C. Eléctrica	0.01	0.05	0.01	0.02	0.03	0.08
P ₂ O ₅ (%)	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.3
Na (%)	0.01	0.06	0.01	0.02	0.03	0.02
K ₂ O (%)	0.1	0.3	0.04	0.3	0.02	0.07
CaO (%)	0.03	0.4	0.07	0.4	0.04	0.5
MgO (%)	0.04	0.3	0.02	0.2	0.02	0.3

CONCLUSIONES

En el estudio de la utilización de la lombriz roja de California (*Lumbricus rubellus*) en la transformación de residuos urbanos se comprobó que existen diferencias significativas en el efecto del porcentaje de lodo, existiendo un descenso drástico en la cantidad de lombrices del medio, cuando el porcentaje de lodos en la mezcla supera el 50 %.

Con respecto al contenido de metales pesados en las mezclas de los dos tipos de lodos después del proceso de vermicompostaje los resultados mostraron que solamente es significativo el efecto de los lodos para los metales pesados Zn y Cd. Hubo diferencias significativas en los lodos para humedad, materia orgánica total, carbono oxidable, N-NO₃⁻, P₂O₅, Na, CaO y MgO.

REFERENCIAS

- Allen H.P. (1990). Influence of cultivation system on earthworm populations. *Agric. Engineers* 45, 26-27.
- APHA, AWWA, WPCF. (1992). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Nueva York, 874 p.
- Bouwman H. y Reinecke A.J. (1991). A defined medium for the study of growth and reproduction of the earthworm *Eisenia foetida*. *Biol. Fertil. Soils* 10, 285-289.
- Darwin C.R. (1981). The formation of vegetable mould through the action of worms, Murray, Gran Bretaña, 250 p.
- Edwards C.A., Neuhauser R. y Edwards F. (1988). Earthworm in waste and environmental management. The Hague. SPB Academic, 391 p.
- Elvira C., Domínguez J. y Mato S. (1996). The growth and reproduction of *Lumbricus rubellus* and *Denrobaena rubidain* cow manure mixed with cultures of *Eiseina andrei*. *Appl. Soil Ecol.* 5, 97-103.
- Haines P.J. y Uren N.C. (1990). Effects of conservation tillage farming on soil microbial biomass, organic matter and earthworm populations, in north-eastern. *Austral. J. Exper. Agricult. and Animal* 30, 365-371.
- Haimi J. y Hutha V. (1990). Effects of earthworms on decomposition processes in raw humus forest soil: a microscope study. *Biol. Fertil. Soils* 10, 178-183.
- Hesse P.R. (1971). *Total nitrogen: the Kjeldahl Process. A textbook of soil chemical analysis*. Murray, Gran Bretaña, 520 p.
- Lavelle P. (1988). Earthworm activities and the soil system. *Biol. Fertil. Soils* 6, 237-251.
- Morgan J.E. y Morgan A.J. (1990). The distribution of cadmium, copper, lead, zinc and calcium in tissues of the earthworm *Lumbricus rubellus* sampled from one uncontaminated and four polluted soils. *Ecology* 84, 559-566.
- Morgan J.E. y Morgan A.J. (1991). Differences in the accumulated metal concentrations in two earthworm species (*Lumbricus rubellus* and *Dendrodilus rubidus*) living in contaminated soils. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 47, 296-301.
- Nogales R., Elvira C., Benítez E. y Gómez M. (1996). Uso agrícola de compost y vermicompost de basuras urbanas: procesos, madurez y calidad de los productos. *Residuos* 26, 53-57.
- Rafats J. (1988). Earthworms: raising, uses beneficial aspects 1979-1988. Quick Bibliographic Services. USDA. National Library 32, 87-88.
- Shipitalo M.J., Protz R. y Tomlin A.D. (1988). Effects of diet on the feeding and casting activity of *Lumbricus terrestris* and *Lumbricus rubellus* in laboratory culture. *Soil Biol. Biochem.* 20, 233-237.
- Simek M. y Pizl V. (1989). The effects of earthworms on nitrogenase activity in soil. *Biol. Fertil. Soils* 7, 370-373.
- Sims J.T. y Kline J.S. (1991). Chemical fractionation and plant uptake of heavy metals in soils amended with co-composted sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 20, 387-395.