

EL VERMICOMPOSTEO DE BIOSÓLIDOS Y AGUA TRATADA EN EL NOROESTE DE MÉXICO. ECOPARQUE, UN CASO DE ESTUDIO.

G. RODRIGUEZ-QUIROZ^{1*} y J. PANIAGUA-MICHEL²

^{1*}Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional-Sinaloa, ²Department of Marine Biotechnology, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

1* Km 1 Carr. a las Glorias, Guasave, Sinaloa. 01687-8729626 e-mail: grquiroz@ipn.mx.

RESUMEN

El proyecto se basó en el Vermicomposteo de estiércol bovino y lodos residuales residenciales a través del crecimiento poblacional de la lombriz *Eisenia.fetida* en contenedores experimentales. Ambos contenedores se humedecieron con agua tratada del afluyente secundario de una de las plantas de tratamiento de la ciudad de Tijuana, Baja California, Ecoparque. El análisis del crecimiento de la población, la cantidad de proteína y grasas en *E. fetida* para cada contenedor fue contrapuesto con el análisis químico de la composta producida. De acuerdo con los resultados, en los contenedores que contienen lodos residuales humedecidos con agua tratada, se obtuvieron lombrices en mayor cantidad y peso. A su vez, al observar las tablas de producción de biomasa y de la composición de la composta, el vermicompostaje es una alternativa que debe ser considerada para el manejo y reciclamiento de los biosólidos residenciales y del agua tratada. En sí, la reducción de estos biosólidos y la producción de lombrices puede considerarse como una alternativa para la producción de alimento para animales con un alto valor nutricional, y un fertilizante para la agricultura, mientras se reduce el impacto de estos biosólidos sobre el medio ambiente. Los lodos residuales residenciales cumplen con las normas mexicanas, las cuales, las hacen susceptibles a diferentes usos sin riesgo a la salud humana.

Palabras clave: Biomasa de lombriz, estiércol bovino, lodos residuales, Manejo de biosólidos, nutrientes.

This survey was based on the vermicomposting of cattle manure and sewage sludges using the earthworm *Eisenia foetida*. Experimental trials were undertaken humidifying biosolids during the process of vermicomposting with wastewater effluent of Ecoparque, the municipal wastewater plant from Tijuana BC (Mexico). Comparisons were performed with vermicomposting using tap water. The obtained results on population growth, protein content and fat of *E. foetida* were correlated with the yield and chemical composition of the produced compost. Higher figures in worm number and weight were obtained in the experimental units containing sludges humidified with wastewater effluent. Total protein level in the worms varied according with the type of biosolid and water source, high values were obtained in the reactors containing sewage sludge, the obtained figures in this reactors accounted 64.79 % and 61.92 %, while in manure containing reactors the values were 29.64 % and 48.73 % respectively. The obtained figures on *E. foetida* biomass production and compost composition place vermicomposting as an effective alternative for the treatment, management and recycling of municipal biosolids and wastewaters. Hence, the reduction in biosolids volume and production of nutrients can generate valuable products for animal food and fertilizer for agriculture while reducing environmental damage. Both biosolids meets official standards of the Mexican Official Nom and do not represent any risk to the human health.

Keywords: earthworm biomass, cattle manure, sewage sludges, biosolids, nutrients

INTRODUCCIÓN

En el noroeste de México, algunas plantas de tratamiento de aguas negras son ineficientes con el tratamiento y manejo de los lodos residuales. Aún más, las Juntas de Agua Municipales prevén un incremento de la producción de lodos residuales de origen residencial en un corto tiempo. Los lodos requieren de ser procesados para disminuir su volumen y para producir un producto que no tenga problemas de almacenaje. Es sabido que estos lodos contienen un alto contenido de nutrientes y compuestos orgánicos oxidables.

Por otro lado, el aumento del uso del suelo para la crianza de ganado para engorda, representa un problema en la acumulación de los desechos de estos animales, ya que los depósitos tradicionales son insuficientes. Esta situación ha venido agravándose, debido a que gran parte de estos desechos se depositan en arroyos o áreas donde corre el agua para consumo humano.

Las lombrices como la Lombriz Roja de California (*Eisenia fetida L.*) puede transformar una gran cantidad de desechos, estando presente sus requerimientos básicos de temperatura (20-25 °C), humedad y aireación (Edwards y Loefty, 1977; Price y Phillips, 1990). La transformación de éste material de desecho en composta es potencialmente confiable para su uso como medio de crecimiento para plantas. En los años setentas se hicieron las primeras pruebas para vermicompostear los lodos residuales residenciales (Edwards y Bohlen, 1996). En 1985, Loerh, et al. exitosamente aplicó la técnica del vermicompostaje en la estabilización de lodos residuales en una planta de tratamiento. Ndegwa y Thompson (2001) utilizaron lodos residuales activados con pulpa de papel para establecer el rango de la relación C-N disuelto para incrementar la estabilidad y calidad del fertilizante con mínimo impacto de contaminación al medio ambiente.

En países en desarrollo y en especial el noroeste de México, el estiércol animal, los lodos residuales y el agua tratada se presentan como un problema para su manejo y disposición. Siendo el vermicompostaje una técnica recomendada para el manejo de los biosólidos, en este trabajo se desarrollo el vermicomposteo para el manejo y tratamiento de los lodos residuales residenciales, el estiércol bovino y el agua tratada para reducir su impacto sobre el medio ambiente.

METODOLOGÍA

1) Diseño del experimento

Se llenaron cuatro contenedores de 2m², dos con estiércol bovino y dos con lodos activados residenciales respectivamente. Cada uno de los contenedores fue humedecido agregando agua residual de la planta de tratamiento de aguas negras (Ecoparque) durante la semana anterior a la incorporación de la lombriz *Eisenia fetida L.* 3800 lombrices por metro cuadrado fueron introducidas al inicio del experimento que duró cinco meses, tiempo necesario para llegar a una población de 40,000 lombrices por metro cuadrado. Los biosólidos se mantuvieron a 80% (w.b) de humedad regando la superficie de cada recipiente cada dos días. Posterior a incorporar las lombrices, se regaron dos contenedores, una con cada biosólidos, con agua tratada y los otros dos con agua potable del sistema de alcantarillado y agua potable municipal (Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de los tratamientos en los contenedores

Contenedor	1	2	3	4
Tratamiento	Estiércol bovino + agua potable	Lodos residuales + agua potable	Estiércol bovino + agua tratada	Lodos residuales + agua tratada

Al sexto mes se cosecharon las lombrices. El numero de lombrices por metro cuadrado fueron contados por el método de cuadrantes (Steel y Torrie, 1988), cuatro cuadrantes de 10 X 10 cm por contenedor.

2) Análisis de laboratorio

En el orden de comparar los efectos del agua utilizada para el crecimiento de las lombrices, se analizó la composición bioquímica y microbiológica del agua tratada y potable al inicio y final del experimento. El pH se midió diariamente con un potenciómetro. Los sólidos suspendidos fueron determinados filtrando un volumen representativo de agua a través de filtro seco de vidrio a un peso constante a 103-105 °C. El nitrógeno contenido fue medido por el método Kjeldahl, la concentración de fósforo fue determinado por el método del ácido vanadomolybdo-fósforico. El contenido de potasio fue determinado por absorción atómica, y la material orgánica se determine por combustión a 550 °C, los sólidos totales se determinaron al calentar muestras a 105 °C por 24 hrs, y los sólidos volátiles por la pérdida de peso al momento de la combustión. Se realizaron análisis mensuales de sólidos suspendidos, grasas y aceite como de detergentes en el agua potable. Las proteínas en la lombriz se determinaron por el método Kjeldhal después de una digestión ácida, el contenido de grasa se obtuvo a través de la extracción Soxhlet con ácido clorhídrico. Las concentraciones de metales traza en el agua tratada se obtuvieron del análisis de los registros de la planta de tratamiento de aguas negras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los cambios que hay en algunas características químicas entre los lodos residuales y el estiércol se presentan en la tabla 2. El proceso de vermicompostaje y el agua usada produce cambios entre las dos series de biosólidos. El nitrógeno, potasio y material orgánica tuvo un cambio significativo en el estiércol que en los lodos durante los cinco meses del experimento. La concentración de fósforo fue alta en cada uno de los tratamientos; aunque los lodos tratados con el agua potable presentó los valores más altos. Por otro lado, las concentraciones de nitrógeno y potasio en los biosólidos disminuyeron como consecuencia de la biotransformación y su incorporación a biomasa de lombriz (Ndegwa y Thompson, 2001).

Tabla 2. Análisis químico de los biosólidos vermicomposteados

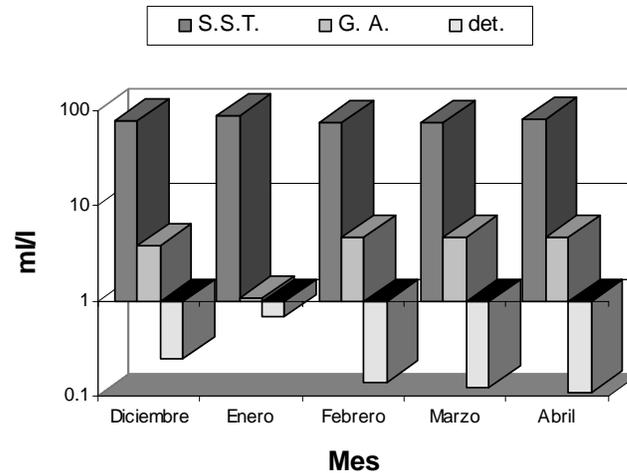
Análisis (mg/g)	Estiércol bovino	Lodos residuales	Contenedor 1	Contenedor 2	Contenedor 3	Contenedor 4
Nitrógeno	18468	23749	8757	21311	9491	20340
Fósforo	3327	3974	4077	7724	1977	7637
Potasio	20901	704	888	368	618	645
Materia orgánica	35.32	92	30.07	46.97	24.87	77.44
pH	7	5.5	9	8	8.5	9.5

Los compuestos analizados en el agua tratada fueron constantes durante todo el experimento. Se observo un pequeño incremento de las grasas, aceites y detergentes durante el mes de enero, como consecuencia de un mal funcionamiento de la planta (Figura 1). Asumimos, que este problema no afecto el crecimiento y desarrollo de las lombrices, ya que no se observo un comportamiento no regular de las lombrices dentro de los contenedores (García-Gómez et al. 2003). Las lombrices en los contenedores de estiércol muestran bajo contenido de proteínas y grasas (Tabla 3). El nivel de proteína vario dependiendo al tipo de sustrato. Los valores altos se presentaron en los contenedores con lodos residuales con 64.79 % y 61.92 %, mientras en los contenedores con estiércol los valores fueron significativamente bajos.

Tabla 3. Niveles de proteína y grasa en *Eisenia fetida* después del vermicomposteo.

	Contenedor 1	Contenedor 2	Contenedor 3	Contenedor 4
% Proteína	29.64	61.92	48.73	64.79
% Grasa	2.35	19.66	8.91	14.84

En la combinación de estiércol con agua tratada, las lombrices acumularon mayor cantidad de grasas; reflejo del origen orgánico del estiércol que de cierta manera pudo ser aceptado por el metabolismo de las lombrices. En el caso de los contenedores con lodos residuales, entre ellos hubo una ligera diferencia independientemente del tipo de agua utilizada. Por otro lado, en un análisis de lípidos en lombrices realizado por Hansen y Czochanska (1975) revela que una proporción elevada de ácidos grasos poliinsaturados y de ácidos grasos lonílicos en estos desechos se encuentran en niveles adecuados para satisfacer las necesidades de alimento de las lombrices.



SST. Sólidos suspendidos totales, GA. Grasas y aceites, Det. Detergentes

El proceso de vermicomposteo conlleva a un decremento de la cantidad de materia orgánica al tiempo que desaparecen los compuestos de fácil descomposición.

La población y biomasa de lombrices son un indicador del buen funcionamiento de los procesos del vermicomposteo como de alguna falla del mismo.

Los resultados indican la fuente y el contenido de cada biosólido. En las plantas de tratamiento de aguas negras municipales, los lodos residuales son una acumulación rica de materia orgánica que es una fuente de nutrientes disponibles para el desarrollo de *E. fetida*. Las lombrices de tierra se alimentan principalmente de los microorganismos presentes en estos desechos, y en el proceso de alimentación fragmentan el desecho incrementando el área de trabajo de los microorganismos incrementando su actividad microbiana. La acción entre las lombrices y los microorganismos transforman el nitrógeno presente en los lodos en nitratos viables para las plantas; al mismo tiempo, incrementan la cantidad de fósforo, potasio y magnesio en compuestos asimilables (Edwards, 1983).

La Tabla 4 muestra la cantidad de vermicomposta y lombrices producida al final del experimento.

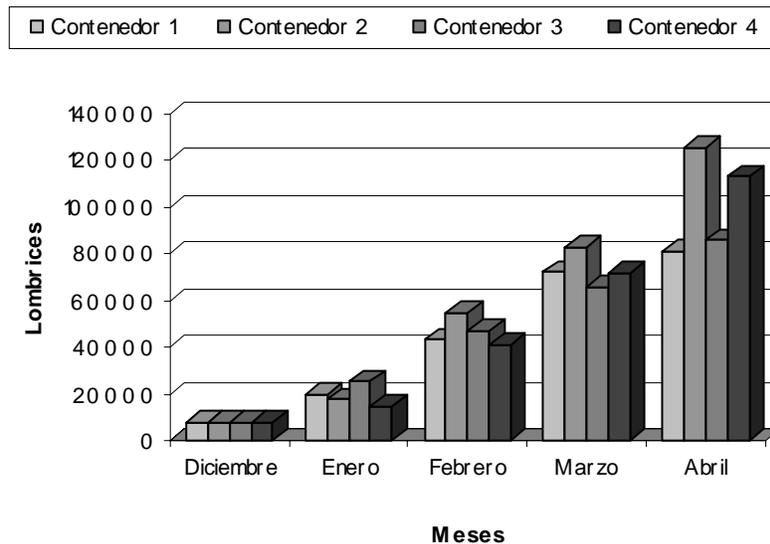
Se observó que en el crecimiento de la población de lombrices durante cinco meses, el mayor incremento se dio en los contenedores con lodo residuales (Figura 2). En la figura se observa que en el sustrato regado con agua potable el número de lombrices es mayor que aquellas regadas con agua tratada, pero el peso final de las lombrices se comporta de manera contraria siendo más pesadas aquellas donde el medio se humedeció con agua tratada, donde se puede suponer que esta diferencia de peso se deba a la materia orgánica en el agua tratada (Rodríguez, 1998).

Tabla 4. Producción final de lombriz y vermicompostaje.

Concepto	Contenedor 1	Contenedor 2	Contenedor 3	Contenedor 4
Vol. inicial de BS (m3)	0.8	0.8	0.8	0.8
Vol. final de BS (m3)	0.64	0.55	0.58	0.5
Peso inicial lombriz (g)	1596	1596	1596	1596
Peso final lombriz (g)	21564.49	57039.75	26886.96	59328.95
Vermicomposta terminada %	96.63	91.09	95.8	90.73

Lombriz %	3.37	8.91	4.2	9.27
BS. Biosólidos.				

Neuhauser et al. (1988) uso *E. fetida* para vermicompostear lodos residuales por cuatro semanas y registro una disminución en el contenido de los sólidos volátiles en aproximadamente un 28% que fue lo doble que aquellas registradas en controles sin lombrices. los resultados obtenidos durante este estudio, apoyan el punto de vista de que el vermicomposteo acelera la estabilización de la materia orgánica comparada con el composteo. Es posible que un factor importante que propicia la estabilización de la material orgánica durante el vermicomposteo sean las temperaturas bajas que se dan durante el mismo comparado al composteo. Un ejemplo es el fungi, asociado con la descomposición de la celulosa y lignina, se saben que son favorecidos por un proceso mesofílico que por un termofílico, este último presente en un proceso de composteo (De Betoldi et al., 1982).



CONCLUSIONES

Se ha comprobado que el vermicomposteo es un método efectivo para estabilizar los lodos residuales y el agua tratada. Aún más, la combinación del vermicomposteo de los lodos residuales aplicando agua tratada incrementa la estabilización de la materia orgánica y presenta una bioconversión del nitrógeno en biomasa proteica total.

Esta investigación favoreció el punto de vista de tener un producto de alto contenido nutricional y como un método de reciclar los desechos orgánicos. La lombriz puede ser un agente amigable con el medio ambiente al transformar los desechos, y la composta puede ser utilizada para el crecimiento de plantas ornamentales y en la agricultura (Keong, 2000).

Concerniente a la carga bacteriana en los desechos orgánicos, podemos asumir que los productos vermicomposteados presentan una baja cantidad de bacterias, de acuerdo con Domínguez (1997), el vermicomposteo disminuye los niveles patógenos de las bacteria y desaparece los flujos de metales pesados en un ca. 55%. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental de los Estado Unidos (EPA, 1983), los lodos residuales domésticos no representan riesgos para la salud humana (Rule 503 – EPA. (CILA-EPA. 1998). Los metales pesados no afectan de manera directa el desarrollo de las lombrices, peso o biomasa como se menciona anteriormente por Reyes et al. (2004) . Esto explica el hecho de que los niveles de metales pesados en el agua tratada fueron bajos (Tabla 5) aún menor que los recomendados por la norma NOM-052 ECOL/93.

Tabla 5. Metales pesados presentes en el agua tratada (MG/L) utilizada en el vermicomposteo.

Metal pesado	Presencia en el agua	NOM-052 ECOL/93*
Aluminio	> 0.6	-
Arsénico	0.002	5
Cadmio	> 0.02	1
Cobre	0.08	SL
Cromo hexavalente	> 0.01	-
Cromo total	> 0.05	SL
Mercurio	0.002	0.2
Níquel	> 0.1	5
Plata	> 0.03	SL
Plomo	> 0.02	5
Zinc	0.22	SL

*Fuente: CILA – EPA. 1998. Supplemental Environment Impact Statement. SL- Sin límite.

BIBLIOGRAFÍA

- CILA- EPA. (1998) Supplemental environment impact statement. vol. II. Technical appendix.
- De Bertoldi, M., Vallini G. and Pera, A. (1982) Comparison of three windrow compost systems. *Biocycle* 23: 45-50.
- Domínguez, J. (1997) Testing the impact of Vermicomposting. *Biocycle*. vol. 38. No. 4: 58
- Edwards, C.A. (1983) Earthworms organic waste and food. *Span*, 26: 106-108
- Edwards, C.A. and Lofty, J.R. (1977) *Biology of earthworms* (2nd edn). Chapman and Hall. London
- Edwards, C.A. and Bohlen, P.J. (1996) *Biology and Ecology of earth-worms*. Chapman & Hall, 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK.
- García-Gómez, A., Roig, A., Bernal, M.P. (2003) Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. *Bioresour. Technol.* 86: 59-64.
- Hansen, R.P. and Czochanska, Z. (1975) The fatty acid composition of the lipids of earthworms. *Journal of the science of food and agriculture*, 26: 961-971.
- Keong, W. (2000) Worms: a potential feed source for cultured aquatic animals. *The Advocate*, 3: 82-83.
- Loehr, R.C., Martin, J.H., Neuhauser, E.F. (1985) Liquid sludge stabilization using vermistabilization. *Journal WPCF*, 57: 817-826.
- Ndegwa, P.M., Thompson, S.A. (2001) Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Biores. Technol.* 76, 107-112.
- Neuhauser, E.F., Loehr, R.C., Malecki, M.R. (1988) the potential of earthworms for managing sewage sludge. In: *Earthworms in waste and environmental management*. C.A. Edwards and E.F. Neuhauser, (Eds), pp. 9-20, SPB Academic Publishing, The Hague.
- Price, J.S. and Phillips, V.R. (1990) An improved mechanical separator for removing live worms from worm-worked organic wastes. *Biological wastes*, 33: 25-37.
- Reyes R., D. y Rodríguez U., M.E. (2004) Tratamiento de lodos residuales en un parque industrial de Queretaro mediante un proceso de lombricultura. Memoria del primer congreso internacional de lombricultura y abonos orgánicos. Guadalajara, México. pp. 55-57
- Rodríguez Q., G. (1998) El lombricompostaje de biosólidos. Una biotecnología alternativa para la obtención de bienes y servicios ambientales. COLEF-CICESE. Tesis de Maestría. 65 pp.
- Steel, R.G.D. y J. H. Torrie. (1988) *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2a edición, McGraw-Hill Book Co. Nueva York, E.U.A.
- U.S. Environmental Protection Agency. (1983) *Methods for chemical analysis of water and wastes*. Cincinnati, Ohio.