

## Remoción mediante vermicomposteo de los coliformes fecales presentes en lodos biológicos

### Vermicomposting of biological sludge for coliforms reduction

Carmen Verónica Droppelmann\*, Carolina Pía Gaete, Paulina Miranda

Universidad Andrés Bello, Escuela de Ingeniería Ambiental, República 252, Santiago, Chile

(Recibido el 24 de septiembre de 2008. Aceptado el 26 de mayo de 2009)

#### Resumen

En este trabajo se buscó establecer el efecto de la densidad inicial de lombrices en la remoción de patógenos, mediante vermicomposteo de lodo, usando como indicador el número más probable de coliformes fecales (NMPCF). El lodo utilizado se generó en una planta de aireación extendida, se trabajó con 4 densidades: alta con 0,2 kg lombrices/kg lodo, media con 0,1 kg lombrices/kg lodo, baja con 0,05 kg lombrices/kg lodo y un blanco sin la adición de lombrices al lodo. Al segundo día de experimentación con la densidad media se logró una mayor remoción, estadísticamente significativa, del NMPCF que la obtenida con la densidad alta. El mismo día, todas las densidades lograron la clasificación de lodo clase B según *United States Environment Protection Agency*. Entre el día 13 y el 20 las muestras con densidades alta, baja y media lograron la clasificación clase A, no así el blanco. Al día 20 tanto la densidad media como la alta lograron el 100% de remoción de los coliformes fecales.

----- *Palabras clave:* Coliformes fecales, lodo, vermicomposteo, remoción de patógeno.

#### Abstract

The aim of the present study was to investigate the effect of stoking density on the pathogens reduction, through the sludge vermicomposting, using the most probable number of fecal coliforms as indicator. The sludge used was generated at an extended aeration system; the stoking density was investigated at 0.2, 0.1 and 0.05 kg-worms/kg-sludge plus a control without worms. At the second day of experimentation the 0.1 kg/kg density achieved a significantly higher removal than the 0.2 kg/kg density. In the same day, all the stoking densities achieved the United States Environment Agency class

---

\* Autor de correspondencia: teléfono: + 56 + 02 + 661 83 70, fax: + 56 + 02 + 661 86 61, correo electrónico: vdroppelmann@unab.cl (C. V. Droppelmann).

B sludge standards. Between the 13 and 20 day all the stoking densities, with the exception of the control, achieved the USEPA class A standards. On day 20 the removal in the two biggest stoking densities was 100%.

----- *Keywords:* fecal coliforms, sludge, vermicomposting, pathogens reduction.

## Introducción

Las plantas biológicas de tratamiento de aguas residuales generan un desecho conocido como lodo. Si los lodos no son tratados adecuadamente pueden generara serios problemas ambientales, entre ellos la transmisión de enfermedades debido a los patógenos que contienen.

El vermicomposteo es una técnica sencilla y económica que permite remover patógenos del lodo y transformarlo en un excelente acondicionador de suelos [1]. Se entiende por vermicomposteo o por vermiestabilización el proceso de bi oxidación y estabilización de la materia orgánica debida a la acción conjunta de lombrices y microorganismos, las lombrices fragmentan, voltean y airean el sustrato, mejorando las condiciones ambientales de los microorganismos [2]. La mezcla de materia orgánica humificada y los excrementos de las lombrices recibe el nombre de humus o vermicompost. El vermicompost, se caracteriza por ser homogéneo, estéticamente agradable, sin olor, con alta capacidad de aireación, de drenaje y de retención de agua [3-5].

La lombriz más usada y estudiada para realizar vermicomposteo es *Eisenia* spp. [6, 7]. Este organismo tolera un rango amplio de pH que va desde 5,5 a 8,5, posee una temperatura óptima entre 15 y 25°C y tolera temperaturas entre 0 y 35°C [6].

La factibilidad de hacer crecer lombrices en lodos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales y de obtener un vermicompost de buena calidad agronómica ha sido verificada por varios autores [1, 5, 8-11]. Molina *et al.* en 2001 [12] vermicompostean lodo mezclado con pasto y lodo mezclado con pasto y viruta. Utilizan un lecho de 15 cm de altura e inoculan 2.400 lombrices/m<sup>2</sup>. Luego de 80 días de vermicomposteo en la mezcla lodo-pasto-viruta el número más pro-

bable (NMP) de coliformes fecales por gramo se reduce en 4 unidades logarítmicas; en la mezcla lodo-pasto el NMP de coliformes fecales por gramo se reduce en 5 unidades logarítmicas. Eastman *et al.* en 2001 [13] demuestran la factibilidad de generar, mediante vermicomposteo, lodo Clase A (de acuerdo a la definición de la United States Enviroment Protection Agency [14]). Este autor no mezcla el lodo con otro sustrato, y utiliza una concentración inicial de lombrices muy alta, 1 kg de éstas por cada kg de lodo. Luego de 144 horas de vermicomposteo logra un 100% de remoción equivalente a una reducción de 6,4 unidades logarítmicas. En Estados Unidos, por primera vez en el 2006 una instalación logra la autorización para generar lodos clase A mediante vermicomposteo [15]. Existen estudios escasos de cómo la concentración inicial de lombrices afecta el proceso de higienización de lodos. Cardoso y Ramírez en 2000 [16] logran, luego de 45 días, generar lodo Clase A (un reducción de 1,4 unidades logarítmicas) gracias al vermicomposteo de lodo mezclado con lirio acuático. Usan concentraciones iniciales de lombrices entre 2,5 y 15 kg/m<sup>2</sup> y las alimentan semanalmente (altura de lecho no informada). Logran una mayor reducción de patógenos a 5 kg de lombrices/m<sup>2</sup>, Esto último lo atribuyen a la menor competencia existente tanto por espacio físico como por alimento. Mediante esta investigación se busca demostrar la factibilidad de remover coliformes fecales mediante vermicomposteo de un lodo sin mezclar y la relevancia de la concentración inicial de lombrices en este proceso.

## Experimentación

El lodo que se utilizó en la investigación se genera en una planta de tratamiento de aguas servidas de aireación extendida, antes de ser utilizado en la experimentación se aireó por 5 días. Las lom-

brices (*Eisenia* spp.) fueron acondicionadas manteniéndolas en lodo por un mes.

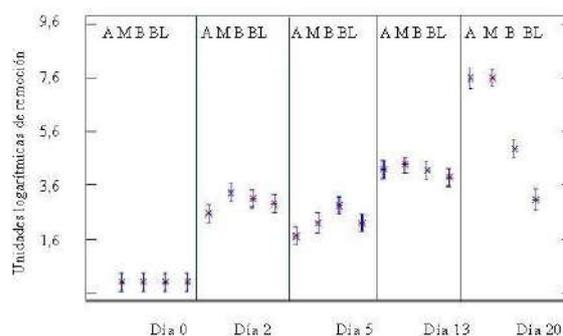
Se utilizaron 4 densidades de lombrices: densidad alta (A) con 0,2 kg lombrices/kg lodo, densidad media (M) con 0,1 kg lombrices/kg lodo, densidad baja (B) con 0,05 kg lombrices/kg lodo y un blanco (BL) sin la adición de lombrices al lodo, estas se vertieron dentro de un lecho de 12 cm de diámetro y 20 cm de altura, lo que es equivalente a 1 kilogramo de lodo puro por recipiente, cada una de ellas por triplicado. Estos cilindros de policloloruro de vinilo se colocaron a temperatura ambiente (18-22°C) dentro del laboratorio y con un fotoperíodo de 12 horas. Se tomaron muestras por duplicado, a los 0, 2, 5, 13 y 20 días. En cada muestreo se evaluó el NMP de coliformes fecales usando el medio A1 [17, 18]. Dentro de la frecuencia de muestreo se midió y de ser necesario se reguló la humedad (70°C hasta masa constante) adicionando agua destilada, basándose en Métodos de análisis de compost [19]. Al final de la experimentación se recolectaron y masaron todas las lombrices presentes en cada muestra. Para determinar qué concentraciones promedio de coliformes fecales en el lodo eran estadísticamente diferentes de las otras, se confirmó primero la condición de normalidad con la prueba de Kurtosis, se realizó una comparación múltiple de media (test de ANOVA) y luego un análisis de rango múltiple de Duncan. Estos análisis se realizaron con un 90% de confianza y se utilizó el paquete estadístico Statgraphics plus 5.0

## Resultados y discusión

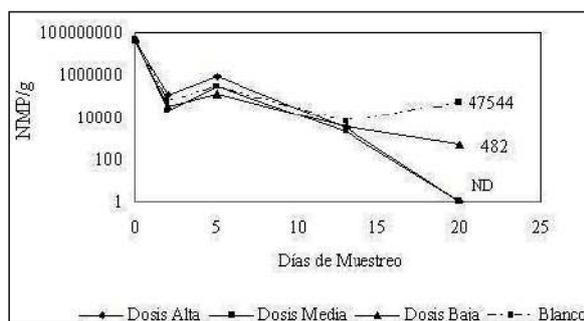
Al segundo día de experimentación la densidad media logró una mayor remoción estadísticamente significativa (figura 1) de coliformes fecales (3,31 unidades logarítmicas) que la alta (2,55 unidades logarítmicas), esto se atribuye a los mecanismos de competencia intra-específica (Ley de Verhulst), que aumentan con una densidad poblacional creciente. En presencia de competencia intra-específica, el crecimiento de la población es menor, esto se traduce en una disminución del efecto de esta sobre su entorno, en este caso eliminar coliformes fecales. Otros autores también

muestran una mayor remoción de coliformes fecales en densidades intermedias de lombrices [16].

Al considerar el NMPCF (figura 2) todas las densidades (incluyendo el blanco) al día dos, lograron la clasificación lodo clase B según *United States Enviroment Protection Agency* [14]. Entre el día 13 y el 20 las muestras con densidades alta, baja y media lograron la clasificación clase A no así el blanco. Al día 20 tanto la densidad media como la alta logran 100% de remoción de los coliformes fecales, en este día la remoción alcanzada por la densidad baja es de 5,0 unidades logarítmicas y la del blanco es de 3,0, valores que resultan estadísticamente diferentes entre si. La disminución de la concentración de coliformes fecales en el blanco puede atribuirse, a la competencia entre estas y los otros microorganismos presentes en el lodo, este tipo de competencias ha sido demostrada tanto en lodo crudo como compostado [20, 21, 22] La densidad alta finalizó el experimento con una mortandad del 100% de las lombrices, la mortandad se observó desde el quinto día de experimentación. Por el contrario la densidad baja presentó un aumento en la masa promedio de lombrices (de 50 a 65 g). La densidad media pierde masa de lombrices pasando de 100 a 77 g. Lo señalado anteriormente se atribuye a que a medida que se trabaja con una densidad mayor de lombrices, de manera más temprana, se agotan los nutrientes presentes en el lodo.



**Figura 1** Remoción de coliformes fecales. A: densidad alta; M: densidad media; B: densidad baja; BL: blanco



**Figura 2** Variación en el tiempo de la media logarítmica del NMPCF/g lodo (b.s) para cada una de las densidades experimentadas (ND: no detectados)

## Conclusiones

En las condiciones de trabajo utilizadas, las tres densidades estudiadas logran que el lodo de aireación extendida sin mezclar sea clase A entre los 13 y 20 días. Este tiempo es comparable con los 15 días de fase termófila requeridos, al menos, para remover patógenos por composteo según *United States Environment Protection Agency* [14].

La evaluación del NMPCF en el tiempo permitió verificar, que no necesariamente una mayor densidad de lombrices significa una mayor velocidad de remoción de patógenos.

## Referencias

1. K. Nadaffi, M. Zamanzadeh, A. Azimi, A. Omrani, A. Mesdaghinia, E. Mobedi. "Effect of Temperature, Dry Solids and C/N Ratio on Vermicomposting of Waste Activated Sludge". *Pakistan Journal of Biological Sciences*. Vol. 7. 2004. pp. 1217-1220.
2. E. Benitez, R. Nogales, C. Elvira, G. Masciandaro, B. Ceccanti. "Enzyme Activities as Indicators of the Stabilization of Sewage Sludges Composting with *Eisenia foetida*". *Bioresource Technology*. Vol. 67. 1999 pp. 297-303.
3. P. M. Ndegwa, S. A. Thompson, K. C. Das. "Effects of Stocking Density and Feeding Rate on Vermicomposting of Biosolids". *Bioresource Technology*. Vol. 71. 2000. pp.5-12.
4. J. Domínguez, C. A. Edwards, S. Subler. "A Comparison of Vermicomposting and Composting". *BioCycle*. Vol. 38. 1997. pp. 57-59.
5. L. Rodríguez, J. Povinelli. "A Vermicompostagem do Lodo de Lagoas de Tratamento de Efluentes Industriais Consorciada com Composto de Lixo Urbano". *Engenharia Sanitaria e Ambiental*. Vol. 9. 2004. pp. 218-224.
6. AWTT, Vermitech. "Report on Very Large Scale Vermiculture Research". *Queensland, Department of Communication and Information*. Local Government and Planning. Queensland, Australia. 1999. pp. 5-19.
7. J. Haimi. "Growth and Reproduction of the Compost Living Earthworm *Eisenia adrei* and *Eisenia foetida*". *Revue d'Ecologie et de Biologie du Sol*. Vol. 27. 1990. pp. 415-421.
8. S. J. Giacomini, E. M. Nunes, A. Santi, S. Ferigolo, S. Juárez, M. Medianeira. "Utilização de Lodo de Esgoto da Estação de Tratamento de Santa Maria na Vermicompostagem". *Actas del XXVI Congreso Brasileiro de Ciencia de Solo*. Brasil. 1997.
9. B. Ceccanti, G. Masciandaro. "Reasearchers Study Vermicomposting of Municipal and Papermill Sludges". *BioCycle*. Vol. 40. 1999. pp. 71-72.
10. J. Domínguez, C. A. Edwards, M. Webster. "Vermicomposting of Sewage Sludge: Effect of Bulking Materials on the Growth and Reproduction of the Earthworm *Eisenia Andrei*". *Pedobiologia*. Vol. 44. 2000. pp. 24-32.
11. C. D. da Silva, L. M. da Costa, A. T. Matos, P. R. Cecon, D. D. Silva. "Vermicompostagem de Lodo de Esgoto Urbano e Bagaço de Cana-de-Açúcar". *Revista Brasileira de Engenharia agrícola e Ambiental*. Vol. 6. 2002. pp. 487-491.
12. B. Molina, V. Droppelmann, E. Arévalo, H. Moreno. "Tratamiento de Lodos Provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Aeropuerto Arturo Merino Benítez mediante Compostaje y Lombricultura". *En actas del XIV Congreso Chileno de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Santiago. 2001.
13. B. R. Eastman, P. N. Kane, C. A. Edwards, L. Trytek, B. Gunadi, A. L. Stermer, J. R. Mobley. "The Effectiveness of Vermiculture in Human Pathogen Reduction for USEPA Biosolids Stabilization". *Compost Science and Utilization*. Vol. 9. 2001. pp. 38-49.
14. WEF (Water Environment Federation). "Standards for the Use and Disposal of Sewage Sludge (40CFR Parts 257, 403 and 503)" *Final Rule and Phased-In Submission of Sewage Sludge Permit Application (Revisions to 40 CFR Parts 122, 123 and 501) Final Rule*. *Excerpted from the Federal Register*. Vol. 58. 1993. pp. 9248-9415.

15. L. Craig, S. Ankers. "Vermiculture produces EQ Class A Biosolids at Wastewater Plant". *Biocycle*. Vol. 47. 2006. pp.42-46.
16. L. Cardoso, E. Ramírez. "Vermiestabilización de Lodos Residuales y Lirio Acuático". *Actas del XXVII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, ABES*. Porto Alegre. Brasil. 2000.
17. INN (Instituto Nacional de Normalización). *Compost Clasificación y Requisitos*. NCh2880. 2005. Santiago de Chile. 2005. pp. 16-17.
18. FDA (Food and Drug Administration). *Bacteriological Analytical Manual (BAM)*. 8<sup>th</sup> ed. AOAC Internacional. New York. 1995. pp. 3-5.
19. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). *Métodos de Análisis de Compost*. Santiago de Chile. 2005. pp. 27-47.
20. J. G. Yeanger, R. L. Ward. "Effects of Moisture Content on Long-Term Survival and Regrowth of Bacteria in Wastewater Sludge". *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 41. 1981. pp. 1117-1122.
21. J. Sidhu, R. A. Gibbs, G. E. Ho, I. Unkovich. "The Role of Indigenous Microorganisms in Suppression of *Salmonella* Regrowth in Composted Biosolids" *Water Research*. Vol. 35. 2001. pp. 913-920.
22. K. J. Zaleski, K. L. Josephson, C. P. Gerba, I. L. Pepper. "Survival, Growth, and Regrowth of Enteric Indicators and Pathogenic Bacteria in Biosolids, Compost, Soil, and Land Applied Biosolids". *Journal of Residuals Science and Technology*. Vol. 2. 2005. pp. 49-63.