

# EVALUACIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE COMPOSTA POR FERMENTACIÓN AEROBIA Y ADICION DE ACELERADORES BIOLÓGICOS

M<sup>a</sup> del Refugio Castañeda-Chávez , David Reynier-Valdes \*, Itzel Galaviz-Villa y Césareo Landeros-Sanchez.

Instituto Tecnológico de Boca del Río. Km. 12 carr. Veracruz-Córdoba, C.P. 94290. Boca del Río; Ver. México.

(\*) Autor correspondiente: E-mail: [reyda64@yahoo.com.mx](mailto:reyda64@yahoo.com.mx)

## RESUMEN

El composteo es una alternativa para aprovechar los desechos y residuos orgánicos. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dos aceleradores biológicos en la reducción del tiempo requerido para la degradación de la materia orgánica y elevar la calidad del producto final (composta). Los aceleradores utilizados fueron BIOCOMPOS de tipo comercial (BR1) y lodos activados provenientes del tratamiento de aguas municipales (BR2); además un ensayo testigo sin acelerador (BR3). Cada tratamiento tuvo sus respectivas réplicas. Los desechos orgánicos fueron picados y mezclados homogéneamente, se depositaron en los bio-reactores piloto diseñados en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), Veracruz, México. Se midió diariamente en cada bio-reactor la temperatura y tiempo de proceso durante un periodo de 28 días; el ensayo BR2 alcanzó una temperatura máxima de 56°C en un tiempo de 16 días, el cual fue el menor tiempo registrado. El BR1 alcanzó una temperatura de 54°C en el mismo tiempo que el BR2; sin embargo, ésta disminuyó rápidamente en comparación con BR2. El análisis químico de las compostas mostró que el tratamiento BR2 presentó los valores siguientes: Humedad 52%, Fósforo 0.78%, Nitrógeno 3.42% y Carbono 32%, con lo que demostró mejor composición que el BR1, en el cual se observó menor cantidad de nitrógeno y mayor porcentaje de humedad. De esta evaluación se sugiere que el tratamiento BR2 es una alternativa para la elaboración de composta de calidad en zonas rurales para sustituir en parte, los fertilizantes químicos.

Palabras clave: composta; residuos orgánicos; fermentación aerobia; aceleradores biológicos.

## ABSTRACT

The compost making process may be considered as a feasible alternative to make a profitable use of organic waste so as to avoid its confinement or incineration, which can result in environmental problems and the economical cost involved in waste management. The aim of this study was to evaluate the effect of two biological catalysts in the reduction of time required to degrade the organic matter and to obtain a quality final product (compost) from the chemical view point. The catalysts used here were a commercial type product called "Biompos" (BR1), and the activated mud or sediments from the municipal water treatment plant (BR2). In addition, a reference treatment without a catalyst (BR3) was included. All the treatments had their corresponding replicates. The organic waste was completely chopped and mixed homogeneously. The temperature and time of compost making process were recorded every day during a period of 28 days. The obtained results from the compost chemical analysis of showed that the BR2 treatment presented the following results: humidity 52%, phosphorus 0,78%, nitrogen 3,42% and carbon 32%. Moreover, a better composition and quality were observed in BR2 than those of BR1, in which a lower amount of nitrogen (3.22%) and larger moisture content (60%) were observed. The latter affected negatively the compost quality of BR1. As a result of this evaluation it can be suggested that the BR2 treatment may be used as an alternative for the compost making process in rural areas, which could eventually substitute partially the chemical fertilizers.

Key words: compost; organic waste; aerobic fermentation; biological catalyst.

La materia orgánica representa un alto porcentaje de los residuos sólidos municipales en México, los cuales han sido estimados en 31 millones 489 mil toneladas al año, de las cuales 16 millones 500 mil toneladas están compuestas por residuos de comida, jardinería y materiales orgánicos similares que son fácilmente composteables y reutilizables (SEMARNAT, 2002). La composta se emplea en la agricultura como mejorador de suelos; sin embargo, también puede usarse en la remoción de

contaminantes. Entre los que pueden ser biodegradados se encuentran algunos hidrocarburos y plaguicidas. La composta también puede aplicarse como medio para oxidar el metano que se produce en algunos sitios de disposición de residuos municipales, entre los que se encuentran los tiraderos a cielo abierto y los rellenos sanitarios (Sauri *et al.*, 2002). El composteo se considera una alternativa viable para aprovechar la generación de residuos orgánicos y evitar su confinamiento y/o

incineración, los cuales pueden crear además de problemas ambientales, un costo público importante (Álvarez *et al.*, 2001); por lo tanto, esta actividad ha sido identificada por la Agencia de Protección Ambiental (EPA, por sus siglas en inglés) como una opción para reducir la fuente de generación los desperdicios.

El composteo es un proceso biológico mediante el cual es posible convertir residuos orgánicos en materia orgánica estable (composta madura), gracias a la acción de diversos microorganismos. Las aplicaciones más comunes del composteo incluyen el tratamiento de residuos agrícolas, de desechos de jardinería y cocina, de residuos sólidos municipales y de lodos. Sin embargo, desde hace unos 5 años, investigaciones a nivel laboratorio, piloto y a gran escala, han demostrado que el proceso de composteo, así como el uso de composta madura, es una solución de bajo costo y tecnológicamente efectiva para remediar suelos contaminados por residuos orgánicos peligrosos como los HTP, solventes, explosivos, pesticidas e HAP (Eweis *et al.*, 1998; Semple *et al.*, 2001).

Los principios básicos del composteo de residuos peligrosos o contaminantes orgánicos, son los mismos que para el composteo de desechos no peligrosos. En ambos casos, es necesario optimizar cinco parámetros: la aireación, la temperatura, el contenido de humedad, la relación carbono/nitrógeno (C/N) y el pH (Eweis *et al.*, 1998). Debido a que los contaminantes orgánicos comúnmente no se encuentran en concentraciones suficientes para soportar un proceso de composteo, el material contaminado debe mezclarse con sustancias orgánicas sólidas biodegradables como aserrín, paja, bagazo, estiércol, composta madura y desechos agrícolas. Estos materiales son conocidos como agentes de volumen y se utilizan en el proceso de composteo con tres finalidades básicas: a) asegurar la generación del calor necesario para el proceso; b) mejorar el balance y disponibilidad de nutrientes (C/N) para la actividad microbiana y c) aumentar la porosidad de la composta y con esto la aireación y capacidad de retención de agua (Alexander, 1994; Eweis *et al.*, 1998; Semple *et al.*, 2001).

Las estrategias de biorremediación por composteo, se basan en la adición y mezclado de los componentes primarios de una composta (agentes de volumen) con el suelo contaminado, de manera que conforme la composta madura, los contaminantes son degradados por la microflora activa dentro de la mezcla. Los sistemas de composteo

incluyen fosas en el suelo, reactores cerrados (tambores rotatorios, tanques circulares), recipientes abiertos, silos, biopilas alargadas y biopilas estáticas (Semple *et al.*, 2001).

El concepto de biorremediación es utilizado para describir una variedad de sistemas que utilizan organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, entre otros), para remover (extraer), degradar (biodegradar) o transformar (biotransformar) compuestos orgánicos tóxicos en productos metabólicos menos tóxicos o inocuos (Van Deuren *et al.*, 1997). Los procesos biológicos que involucran enzimas como catalizadores, pueden modificar moléculas orgánicas produciendo cambios en su estructura así como en sus propiedades toxicológicas incluso, dar como resultado la completa conversión de dichos compuestos en productos inorgánicos como agua, CO<sub>2</sub> o formas inorgánicas de N, P y S; además de componentes celulares y productos de las rutas metabólicas (mineralización) (Alexander, 1994; Eweis *et al.*, 1998).

La biorremediación puede emplear organismos propios del sitio (autóctonos) o ajenos a éste (exógenos), y llevarse a cabo en condiciones aerobias (en presencia de oxígeno) o anaerobias (sin oxígeno). Aunque no todos los compuestos orgánicos son susceptibles a la biodegradación, los procesos de biorremediación se han usado con éxito para tratar suelos, lodos y sedimentos contaminados por hidrocarburos totales del petróleo (HTP), solventes, explosivos, clorofenoles, pesticidas e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) (Van Deuren *et al.*, 1997; Semple *et al.*, 2001).

El método de tratamiento mediante lodos activados se desarrolló por primera vez en Inglaterra en el año 1914 y actualmente es el método estándar de tratamiento de aguas residuales en los países desarrollados. Su nombre proviene de la producción de una masa activada de microorganismos capaz de estabilizar un residuo en medio aerobio, con el objetivo de remover la materia orgánica (Méndez *et al.*, 2004), la combinación de microorganismos y agua residual se conoce como lodos activados (CNA, 1994).

## MATERIAL Y METODO

Se empleó el método por fermentación aerobia en bio-reactores piloto diseñados en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (Fig. 1), construidos de material de PVC con capacidad de 200 litros modelo RCBIO-2 (Bio-reactores para compostear residuos orgánicos). Fueron colectados desechos

orgánicos de la cafetería y áreas verdes del Instituto Tecnológico de Boca del Río, así como de los de restaurantes de la zona turística del municipio; todo el material colectado fue picado y mezclado homogéneamente para ser depositado en los bio-reactores (Fig. 2).

Se realizaron tres ensayos por duplicado, los aceleradores utilizados fueron: Biocompos de tipo comercial (BR1), y Lodos activados (BR2) provenientes de la planta de tratamiento de aguas municipales, además de un blanco sin acelerador en el que se agregó materia orgánica únicamente (BR3). Se conectó aire al bio-reactor, y se midió temperatura y humedad diariamente, además de otros parámetros físico-químicos como: fósforo, nitrógeno y carbono durante 28 días, de acuerdo a la metodología establecida en las Normas Mexicanas para residuos sólidos municipales (NMX-AA-24,1984; NMX-AA-25,1984; NMX-AA 94, 1984; NMX-AA-16,1985). Terminado el periodo del experimento las compostas fueron secadas, tamizadas y trituradas. Fueron evaluadas sus características físicas, tales como: color, olor y textura; para determinar la calidad final de las compostas maduras, se seleccionó la de mejores características y se diseño una presentación para su comercialización en el mercado.

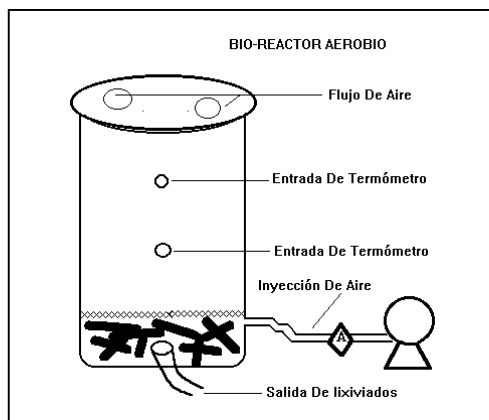


Fig. 1. Diseño del Bio-reactor aerobio y cama soporte para liberación de lixiviados.

Los resultados obtenidos fueron procesados estadísticamente usando una ANOVA al 95% de confianza ( $P < 0,05$ ).

**RESULTADOS**

El ensayo que alcanzó las máximas temperaturas ( $56^{\circ}\text{C}$ ) en menor tiempo (16 días) fue el BR2, en el

mismo periodo (16 días) la composta BR1 alcanzó una temperatura de  $54^{\circ}\text{C}$  (Fig. 3), la cual disminuyó más rápidamente en comparación con el bio-reactor con lodos activados como acelerador. Los resultados obtenidos del análisis químico de las compostas muestran que BR2 contiene un porcentaje de humedad del 52%, fósforo 0.78%, nitrógeno 3.42% y carbono 32% (Tabla 1); lo que le confiere una mejor composición y mayor calidad, a diferencia del BR1 que presentó una menor cantidad de nitrógeno (3.22%) y mayor porcentaje humedad (60%).

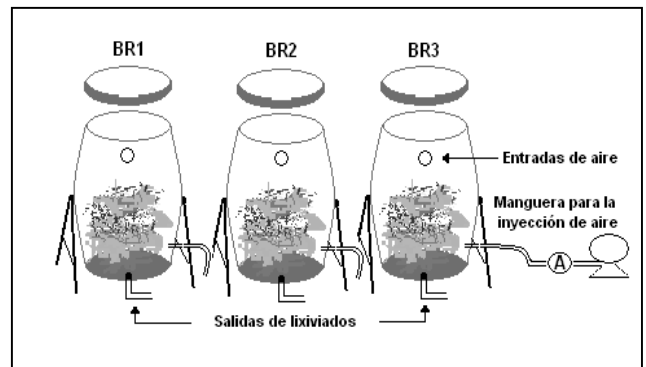


Fig. 2. Esquema del diseño de los bio-reactores (RCBIO-2) empleados para el desarrollo del experimento.

Tabla 1.- Características de las compostas obtenidas

ENSAYOS	PARÁMETROS (%)			
	HUMEDAD	P	N	C
BR3 (BLANCO)	42	0.22	2.20	22
BR1	60	0.96	3.22	32
BR2	52	0.78	3.42	32

**DISCUSIÓN**

Los altos valores de humedad, como los obtenidos en el tratamiento BR1 afectan negativamente la calidad de la composta como producto final. De esta evaluación se establecen los beneficios de los lodos activados como alternativa para su aprovechamiento en la elaboración de compostas en zonas rurales, ya que además de proporcionar calidad en su composición, puede ser utilizada como fertilizante orgánico (Humer, 1999).

Investigaciones realizadas demuestran que las compostas maduras con las características de

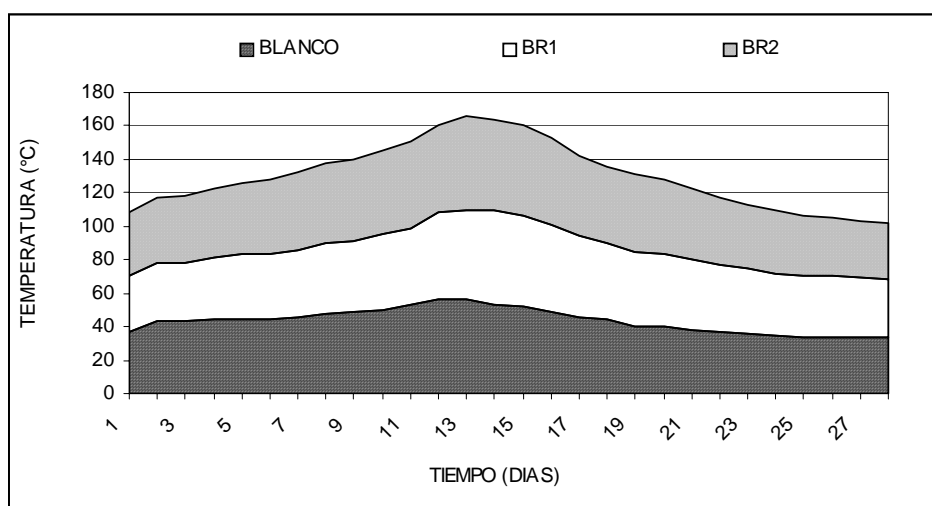


Fig. 3. Comportamiento de la temperatura en cada composta durante el experimento (( $P < 0,05$ )).

composición obtenidas con la adición de lodos activados, proveen condiciones adecuadas para la oxidación del metano y en combinación con vegetación con alta capacidad de transpiración, también contribuye a la reducción de lixiviados. Por lo que el uso de las compostas como material de cubierta en los rellenos sanitarios se presenta como una sugerencia adecuada en términos ecológicos y económicos (Semple *et al.*, 2001).

Los procesos biológicos que involucran enzimas como catalizadores, pueden modificar moléculas orgánicas produciendo cambios en su estructura así como en sus propiedades toxicológicas incluso, dar como resultado la completa conversión de dichos compuestos en productos inorgánicos como agua,  $\text{CO}_2$  o formas inorgánicas de nitrógeno, fósforo y azufre; además de componentes celulares y productos de las rutas metabólicas (mineralización) (Eweis *et al.*, 1998), mientras que los aceleradores naturales no causan estos efectos. Estos procesos de composteo con inyección de aire y con adición de aceleradores biológicos disminuyeron en un 50% el proceso de obtención de composta madura en relación con los realizados por otros autores que requirieron un tiempo de proceso igual o mayor a seis meses (Humer, 1999).

En general, se puede apreciar que la población de microorganismos en cada proceso se incrementó durante el composteo en un periodo de 20 días, lo que permitió se realizara una autoesterilización, eliminándose la presencia de microorganismos patógenos y de parásitos de la composta y que estos no se presentaran como un contaminante en

la evolución del producto final. En este proceso de composteo se reguló la temperatura con la inyección de aire, para evitar que los incrementos térmicos causaran la mortandad de los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica. Por otro lado, el beneficio de utilizar lodos activados permite apoyar a las plantas de tratamiento de agua municipales, en el aprovechamiento de los mismos, además de ser un acelerador que arroja resultados en un tiempo menor al del composteo tradicional, el cual emplea hasta 6 meses de proceso (Álvarez *et al.*, 2001)

## CONCLUSIONES

Los lodos activados son una alternativa como acelerador para ser utilizados como acelerador biológico, en la elaboración de compostas, las cuales se obtienen con características de composición de una composta madura, por lo tanto puede ser utilizada como fertilizante; con un tiempo menor el proceso de composteo comparado con el proceso tradicional.

A pesar de que la composta producida presenta excelentes características para usarla como biofertilizante, se recomienda realizar pruebas adicionales incluyendo nuevos substratos como por ejemplo leguminosas y otros estiércoles, con el objetivo de mejorar la calidad del producto final.

La composta madura proveniente de distintos tipos de residuos sólidos puede ser una alternativa adecuada para realizar el control de las emisiones de desechos orgánicos. Utilizar composta madura

para realizar la cubierta final de los rellenos sanitarios. Si se emplea la vegetación adecuada, puede ser también un método económico para realizar el control de lixiviados. Lo anterior es de particular importancia en México donde existe la necesidad de realizar el control de emisiones en tiraderos a cielo abierto, en la clausura de los mismos y en rellenos sanitarios en los que no es factible aprovechar el biogás producido por distintas razones.

## REFERENCIAS

- Alexander, M. (1994) *Biodegradation and bioremediation*. Academic Press, San Diego. 302 pp
- Álvarez, J., A. del Campo and F. Sancho (2001): Research and technologic development of composting processes and its application in the agriculture and forestry sectors. *Proceedings of the International Conference ORBIT 2001*, Spanish Waste Club, Eds. Orbit Association, Sevilla, Spain, pp: 107-114.
- Comisión Nacional del Agua (1994): Manual de Diseño de Agua Potable, *Alcantarillado y Saneamiento en México*.
- Eweis, J.B., S.J. Ergas, D.P. Chang and E.D. Schroeder (1998): *Bioremediation Principles*. McGraw-Hill International Editions, 296 pp.
- Humer, M. and P. Lechner (1999): *Compost as a landfill cover material for the elimination of methane emissions*. Proceedings ORBIT 99, pp: 503-510. Germany.
- Méndez, L., V. Miyashiro, R. Rojas, M. Cotrado y N. Carrasco (2004): Tratamiento de aguas residuales mediante lodos activados a escala de laboratorio. *Rev. Inst. Investig. Metal Fac. Minas Cienc. Geogr* 7(14)
- Semple, K.T., B.J. Reid and T.R. Fermor (2001): Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environ. Pollution*, 112: 269-283.
- Sauri, M. y B.E. Castillo (2002): Utilización de la composta en procesos para la remoción de contaminantes. *Ingeniería* (6-3): 55-60
- SEMARNAT (2002): *Compendio de Estadísticas Ambientales, 2002*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Editor). México.
- Van Deuren, J., Z. Wang and J. Ledbetter (1997): Remediation technologies screening matrix and reference Guide. 3<sup>a</sup> Ed. Technology Innovation Office, PA. <http://www.epa.gov/tio/remed.htm>.

Aceptado: 9 de diciembre de 2008