

RECICLANDO LOS RESIDUOS PARA MEJORAR LOS SUELOS Y EL MEDIOAMBIENTE

V JORNADAS DE LA RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE



Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente

V JORNADAS DE LA RED ESPAÑOLA DE COMPOSTAJE

Editores:

**Rafael López Núñez
Francisco Cabrera Capitán**

Editado por:

Red Española de Compostaje

Colabora:

FCC Servicios Ciudadanos

Edita: Red Española de Compostaje



R. López Núñez, F. Cabrera Capitán (eds.)

Reciclando los residuos para mejorar los suelos y el medioambiente.

V Jornadas de la Red Española de Compostaje.

Red Española de Compostaje, 2017. 408 pg

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares de Copyright.

© 2017. Los autores.

© 2017. Red Española de Compostaje.

ISBN: 978-84-617-9214-6

Colabora en la edición: FCC Servicios Ambientales

Impreso en España – Printed in Spain

APROVECHAMIENTO DE LODOS DE AGUAS RESIDUALES URBANAS Y *PHRAGMITES AUSTRALIS*: COMPOSTAJE VS VERMICOMPOSTAJE.

M^a del Valle Palenzuela¹, Alejandro Arévalo¹, Arturo F. Chica², Antonio Rosal¹.

¹Departamento de Biología Molecular e Ingeniería Bioquímica. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. ²Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química. Universidad de Córdoba.
mvpalrui@upo.es

Resumen

En este trabajo, se han comparado dos tecnologías (compostaje y vermicompostaje) aplicadas a una mezcla constituida por lodos de aguas residuales urbanas y *Phragmites australis* (carrizo vegetal) procedentes del Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA) de Carrión de los Céspedes (Sevilla). Se han desarrollado dos ensayos experimentales a escala piloto. Uno con una mezcla de lodos y carrizo, en proporción 1:1 (en base seca) y el otro con la misma proporción de mezcla inoculada con *Eisenia foetida* (1 kg). Ambas mezclas se han regado y volteado semanalmente durante 100 días que han durado los ensayos. Se han determinado el pH, los porcentajes de sólidos volátiles y nitrógeno total, el contenido metálico (Cu, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn), la presencia de *E. coli* y *Salmonella sp.* y se ha evaluado el grado de estabilidad, mediante la T máxima de Autocalentamiento y el análisis de grupos funcionales presentes en sustancias húmicas. Los resultados indicaron que la aplicación del compostaje acelera el proceso de estabilidad en mayor medida que el vermicompostaje. Respecto al contenido de patógenos, las condiciones de operación han permitido la higienización solamente en el caso del compostaje. En base a la legislación española (RD 1310/1990), tanto compost como vermicompost han presentado un contenido metálico dentro de los rangos permitidos para uso agrícola.

Palabras clave: compost, vermicompost, carrizo vegetal, metales pesados, estabilidad.

1. Introducción

Actualmente, la generación de aguas residuales urbanas e industriales representa uno de los mayores problemas medioambientales al que nos enfrentamos. En este sentido, existe numerosa investigación que busca la optimización de los tratamientos biológicos convencionales (aerobios y anaerobios) de estas aguas residuales para incrementar la eficacia y en consecuencia, disminuir los costes medioambientales y económicos. Sin embargo, cuando el agua residual procede de pequeñas poblaciones se buscan alternativas más económicas, tales como la aplicación de humedales con especies vegetales capaces de reducir el poder contaminante (Chan et al., 2009)

El Centro de las Nuevas Tecnologías del Agua (CENTA) de Carrión de los Céspedes (Sevilla) aplica diferentes tratamientos no convencionales, tales como humedales constituidos por *Phragmites australis* (carrizo vegetal) que es una planta perenne, con tallos que se desarrollan en un sistema de rizoma extenso y que puede alcanzar hasta 6 m de altura. Esta planta es invasora y por tanto, debe controlarse su desarrollo mediante métodos químicos, biológicos o mecánicos como la poda (Mal and Narine, 2004). Este último, se lleva a cabo en el CENTA y genera una cantidad de residuo vegetal que se suma a la ingente cantidad de lodo que también se produce en el resto de operaciones que conlleva el tratamiento del agua residual urbana en el Centro.

El compostaje y el vermicompostaje resultan vías sostenibles de reciclaje para este tipo de residuos. La bibliografía aporta datos acerca de la aplicación de ambos procesos en mezclas de lodos procedentes de aguas residuales urbanas con otro tipo de materiales (Garg et al., 2006; Mohedo, 2002; Elvira et al., 1998) y compostaje aplicado a mezclas de carrizo vegetal con otros residuos biodegradables, tales como los generados en actividades ganaderas (Toumpeli et al. 2013). Sin embargo, no existe bibliografía sobre estudios de mezclas de lodos y carrizo vegetal.

En este trabajo, se comparan ambos procesos, compostaje y vermicompostaje, aplicados a una mezcla de lodos y *Phragmites australis*, con el fin de evaluar qué tratamiento es más efectivo y estudiar la calidad de los productos.

2. Materiales y Métodos

Ambos experimentos se han realizado a escala piloto con una mezcla de lodos y *Phragmites australis*, en la proporción 1:1 (peso seco), tratada durante 100 días con una frecuencia de riego y volteo de una vez por semana. El proceso de compostaje se ha llevado a cabo en una plancha de acero inoxidable mediante un sistema abierto de volteo manual y riego hasta alcanzar la humedad del 55%. En el caso del ensayo de vermicompostaje, la cama de residuos, inoculada con *Eisenia foetida* (1kg), se ha llevado al interior de un bidón de polietileno, sellado con tapa y abrazadera metálica, y se ha regado hasta alcanzar una humedad del 85%. En ambos ensayos, se ha seguido la evolución térmica mediante sondas de temperatura (PT-100) y Data logger (TESTO). Al final de los ensayos, el producto se ha obtenido mediante tamizado con una criba de 1 cm de luz.

En muestras tomadas, a diferentes momentos del proceso, fueron determinados parámetros físico-químicos, en base a métodos oficiales de análisis o bien recomendados (RD 506/2013). Las muestras se han secado a 70°C en estufa y se ha determinado la humedad mediante diferencia de pesada. El pH se ha medido en suspensión acuosa 1:25 (peso/columna) con pHmetro CRISON Basic 20. El contenido de Sólidos Volátiles se ha determinado mediante calcinación en mufla a 550°C durante 4 horas y el contenido de Carbono Total se ha obtenido por multiplicación del anterior con el Coeficiente de Waskman. El Nitrógeno Total se ha analizado mediante una variante del método Kjeldahl (Rosal, 2007) y el contenido metálico (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) mediante la técnica de Absorción Atómica con un Espectrofotómetro de Llama (Perkin Elmer AAnalyst 300). Todos los análisis citados se han realizado por triplicado.

Por otro lado, la estabilidad del material se ha evaluado mediante la relación C/N, la evolución de la Temperatura Máxima alcanzada en el Test de Autocalentamiento y la identificación de grupos funcionales presentes al final del proceso mediante Espectroscopía Infrarrojo con un Espectrofotómetro FTIR-ATR (Perkin Elmer Spectrum Two).

Por último, se han realizado análisis microbiológicos para cuantificación de *E. coli* y *Salmonella* sp. a los productos obtenidos, en base a las normas ISO 7251 e ISO 6579, respectivamente.

3. Resultados y Discusión

En las primeras semanas, se alcanzaron temperaturas termófilas y la temperatura máxima fue en torno a 55°C. A medida que avanza el proceso, disminuye la materia orgánica fácilmente degradable y con ello, se reduce la actividad microbiológica (Arcos et al., 2008).

En el caso del proceso de vermicompostaje, la temperatura interna de la cama se ha mantenido dentro del rango de 15-35°C que es considerado como óptimo para la actividad de la *Eisenia foetida* (Elvira et al., 1998).

La Tabla 1 muestra los resultados de los análisis de parámetros físico-químicos y microbiológicos realizados a muestras tomadas al inicio del proceso, en cuatro momentos posteriores y al compost y vermicompost obtenidos mediante tamizado. El pH fue similar en ambos casos y se mantuvo, prácticamente, entre 6,00 y 8,00 que es rango aceptable para la actividad de la microbiota y de la *Eisenia foetida* (Gómez, 2011). Este comportamiento del pH es análogo al aportado por otros autores para residuos biodegradables tratados con este tipo de tecnologías (Leite et al., 2015; Mohedo, 2002). Como es lógico, se observa que el porcentaje de sólidos volátiles disminuye a medida que avanza el proceso (reducción del porcentaje en torno a 20 puntos). Los productos incrementan ligeramente su contenido porque en el cernido, constituido por las partículas de menor tamaño, se concentra la fracción orgánica (Rosal, 2007).

La relación C/N es un parámetro que junto con otros, tales como la Temperatura Máxima de Autocalentamiento y la identificación de grupos funcionales propios de las sustancias húmicas, es

utilizado para evaluar cómo evoluciona el grado de estabilidad (Arcos, 2011). En ambos experimentos, la relación C/N disminuyó a medida que avanzó el proceso (Gutiérrez y Corredera, 2010; Rosal, 2007) aunque este descenso fue 1 punto más acusado en el compostaje. Respecto a la Temperatura Máxima de Autocalentamiento, se observa que la estabilidad alcanzada mediante el proceso de compostaje fue superior a la que se alcanzó con el vermicompostaje.

El contenido metálico fue menor en el caso del vermicompost. Este hecho podría deberse a fenómenos de lixiviación y a la capacidad de asimilación metálica de la *Eisenia foetida*. En cualquier caso, ambos productos presentaron concentraciones metálicas significativamente inferiores a las que por legislación se exige para el uso de lodos en agricultura (RD 1310/1990).

En los análisis microbiológicos, los resultados indicaron que el proceso de compostaje ha conducido a un producto “higienizado”; sin embargo, en el caso del vermicompostaje, se detectó presencia de *Salmonella* sp. y *E. coli* (<106 UFC/g) en el producto final.

Tabla 1. Caracterización físico-química de la pila y la cama en cuatro momentos del proceso.

Parámetros	Muestreo (días)	Compostaje	Vermicompostaje
pH	0	5,9±0,1	5,9±0,1
	7	6,5±0,2	6,5±0,1
	14	6,6±0,2	6,5±0,3
	42	6,9±0,3	6,8±0,1
	84	7,6±0,1	7,2±0,1
	100*	7,1±0,1	6,8±0,1
Sólidos Volátiles (%)	0	78,9±1,3	78,9±1,3
	7	74,0±1,1	73,0±1,6
	14	65,7±1,2	72,1±2,4
	42	63,4±1,1	65,0±2,1
	84	60,6±1,0	62,7±1,2
	100*	64,7±1,1	66,5±1,2
C/N	0	13,5	13,5
	7	15,4	14,1
	14	12,7	13,5
	42	11,9	12,1
	84	10,8	11,6
	100*	11,0	11,7
Temperatura Máxima Autocalentamiento (°C)	0	50,1	50,1
	21	32,6	34,8
	100*	26,5	30,2
Cd (ppm)		ND	ND
Cr (ppm)		110	98
Cu (ppm)		262	208
Ni (ppm)	100*	33	24
Pb (ppm)		46	38
Zn (ppm)		811	858
<i>E. coli</i> (UFC/g)		<10	3,7x10 ⁶
<i>Salmonella</i> sp. (Ausencia/Presencia/25g)	100*	Ausencia	Presencia

Valores medios y desviación estándar (n=3). ND=No Detectable.*Corresponden a compost y vermicompost.

En la Figura 1, el espectro de infrarrojo al compost y al vermicompost realizado mostró bandas correspondientes a diferentes grupos característicos de las estructuras moleculares de las sustancias húmicas y cuya presencia resulta indicativo del avance de cada proceso.

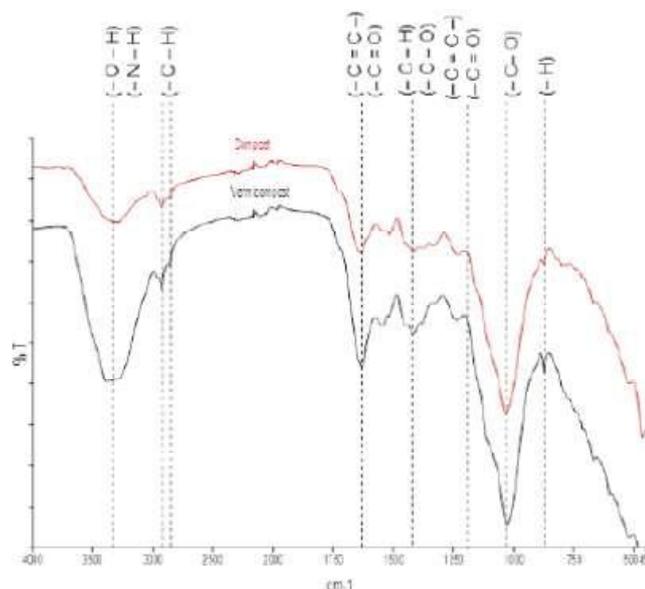


Figura 1. FTIR-ATR del producto obtenido en cada proceso.

Se registró una banda ancha a 3300 cm^{-1} correspondiente a grupos (O-H) de diferente naturaleza (carboxílica, fenólica, alcohólica) y grupos (N-H). Las bandas, en torno a 2900 cm^{-1} , pertenecen a grupos (C-H) simétricos y asimétricos de cadenas alifáticas. La banda registrada a 1625 cm^{-1} corresponde a grupos funcionales (C=C) de estructuras aromáticas, con grupos (C=O) de quinonas y cetonas. Una banda ancha, con centro a 1.430 cm^{-1} , se atribuye a vibraciones de diferentes grupos, entre ellos, (-C-H) de anillos aromáticos, y (-C-O) de fenoles y carboxilos. La banda a $1.008,6\text{ cm}^{-1}$ se corresponde con vibraciones (-C-O) asociadas a estructuras de restos de polisacáridos, carbohidratos y ésteres aromáticos. Por último, la banda (-H), registrada a 828 cm^{-1} , se asigna a vibraciones de anillos aromáticos (Andrés C. et al., 2012; Huang et al., 2006).

4. Conclusiones

A las condiciones de operación que se han desarrollado los experimentos, ambas tecnologías han incrementado el grado de estabilidad del material; aunque, en este sentido, el compostaje ha resultado más eficaz. Respecto al contenido de patógenos, la “higienización” solamente se ha conseguido en el caso del compostaje. Compost y vermicompost cumplieron los límites establecidos respecto al contenido metálico para su posible uso agrícola, según RD 1310/1990.

5. Bibliografía

- Arcos M^a.Á., 2011. *Estudio del compostaje de residuos orgánicos municipales en sistemas de alta eficiencia*. Ed. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Arcos M^a.Á., Dios M., Rosal A., 2008. *Estudio del compostaje de residuos sólidos urbanos en sistemas de alta eficiencia*. Ed. Universidad Internacional de Andalucía, Sevilla.
- Chan Y.J., Chong M.F., Law C.L., Hassell, D.G., 2009. A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*. 155, 1-18.
- Calderín A., Luis de Lima W., Furrázola E., Guridi F., Louro R.L., 2012. Modificaciones estructurales en Ácidos húmicos durante su extracción y purificación: Monitoreo espectroscópico FTIR y UV-Vis. *Revista Iberoamericana de Polímeros*. 13, 227-237.

- Elvira C., Sampedro L., Benitez E., Nogales R., 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with *Eisenia andrei*: A pilot-scale study. *Bioresource Technology*. 63, 205-211.
- Garg P., Gupta A., Satya, S. 2006. Vermicomposting of different types of waste using *Eisenia foetida*: A comparative study. *Bioresource Technology*. 97, 391-395.
- Gómez, J.F., 2011. *Aplicación de la tecnología del vermicompostaje para la valorización agronómica de residuos y desechos de cultivos de invernadero*. Ed. Universidad de Granada, Granada.
- Gutiérrez M., Corredera A.B., 2010. *La disminución del contenido metálico en el proceso de compostaje de residuos sólidos urbanos es factible*. Ed. Universidad internacional de Andalucía, Sevilla.
- Huang G.F., Wu Q.T., Wong J.W.C., 2006. Nitrification of organic matter during co-composting of pig manure with sawdust. *Bioresource Technology*. 97, 1834-1842
- ISO., 2005. ISO 7251: Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli*-Most probable number technique.
- ISO., 2002. ISO 6579: Microbiology of food and animal feeding stuffs. Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.
- Leite S.M., Ivani E., Hamilton C., 2015. Composting sewage sludge with green waste from tree pruning. *Scintia Agricola*. 72, 432-439.
- Mal T.K., Narine L., 2004. The biology of Canadian weeds. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. Can. *J. Plant Sci.* 84, 365-396.
- Mohedo J., 2002. *Estudio de la estabilidad durante el compostaje de residuos municipales*. Ed. Universidad de Córdoba. Córdoba.
- Real Decreto 506/2013, *sobre productos fertilizantes*. BOE, España.
- Real Decreto 1310/1990, *sobre lodos tratados en agricultura*. BOE, España.
- Rosal A., 2007. *Caracterización y mejora de la calidad en el compostaje de residuos municipales*. Ed. Universidad de Córdoba, Córdoba.
- Toumpeli A., Pavlatou A.K., Kostopoulou S.K., Mamolos, A.P., Siomos A.S., Kalburtji K.L. 2013. Composting *Phragmites australis* Cav. Plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth. *Journal of Environmental Management*. 128, 243-251.

6. Agradecimientos.

Los autores agradecen la financiación recibida a través del Plan Propio de la Universidad Pablo de Olavide (PPI1401) para poder llevar a cabo este trabajo.