

Diseño de un módulo para el compostaje de pequeñas cantidades de residuos orgánicos

Raúl Jesús Jiménez Solórzano

Investigador. INIA - CENIAP. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.
Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Unidad de Recursos Agroecológicos.
Edificio 1. Campus Universitario. Vía El Limón. Maracay estado Aragua. Venezuela.
Correo electrónico: rjimenez@inia.gob.ve

El compostaje es un proceso dinámico llevado a cabo por la actividad combinada de una gran variedad de poblaciones microbianas (Gray y Biddlestone, 1973). Estas poblaciones actúan en un medio ambiente de duración relativamente limitado, donde cada una interviene activamente en la descomposición de los materiales orgánicos requiriendo principalmente carbono y nitrógeno para su desarrollo. Cegarra (1998) señala que bajos valores de la relación carbono/nitrógeno (C/N) retrasan el proceso de compostaje e incrementan la pérdida de

nitrógeno. Por el contrario, valores iniciales mayores de 35 propician numerosos ciclos de actividad de los microorganismos con mayor demora del proceso. Por consiguiente, se estima que es necesario para la actividad microbiana 25 veces más carbono que nitrógeno, considerándose valores óptimos de C/N en torno a 25 en los materiales originales. El compostaje es completado cuando la relación C/N se reduce por esta acción microbiana a 10/1, aproximadamente; lo cual equivale a la relación C/N del humus del suelo.



Pila aireada con volteo para el compostaje de diferentes tipos de residuos orgánicos (estiércol de bovino, hojas de árbol de mango, y restos de comida) de diversos tamaños, en una proporción determinada. Por lo general, por cada parte del material que se va a compostar se deben utilizar dos o tres partes del material de relleno. Es decir, por cada porción de estiércol de bovino (si fuera el caso), se deben utilizar 2 o 3 de residuos con altos contenidos en carbono bien repicados.

Los microorganismos generan calor mientras trabajan. Es por ello, que la temperatura es un buen indicador del proceso de compostaje. Se consideran temperaturas óptimas de 35 a 55°C para conseguir la eliminación de patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas (Emison, 2015). Con temperaturas muy altas, microorganismos importantes para el proceso pueden desaparecer. Mientras que otros por el contrario no actúan. Millner (2003) señala que el compostaje puede reducir en un 99,9%, los patógenos y parásitos (*Escherichia coli*, *Salmonellae* y *Listeria*) comúnmente encontrados en el estiércol. Su criterio de reducción de patógenos asegura que para una efectiva higienización del compost, es ne-

cesaria una temperatura de 55°C por 3 días consecutivos en una pila aireada; o 55°C por 2 semanas en las zonas de calor de una pila aireada con volteo.

Este proceso puede matar casi todos los microorganismos patógenos y todavía mantener poblaciones de algunos benéficos. De esta manera, se puede obtener un compost que pueda ser utilizado de forma segura en la agricultura; es decir, que no presente compuestos fitotóxicos y microorganismos patógenos. Para lograr estas condiciones de temperatura, se requiere acumular grandes cantidades de residuos de forma adecuada. Sin embargo, con pequeñas cantidades de residuos orgánicos, se

puede inducir este ambiente de forma controlada a través de un sistema de compostaje que permita completar el proceso; donde se pueda evaluar las bondades de la combinación de diferentes tipos de materiales para la producción de compost o el compostaje de pequeñas cantidades de desechos orgánicos semeando las condiciones que se generan en las pilas aireadas con volteo con grandes cantidades de residuos.

Funcionamiento del módulo de compostaje

El módulo de compostaje está conformado por una caja de vidrio de 250 litros, revestida con láminas de anime de 3 centímetros de espesor (disminuyen el intercambio de calor entre el ambiente y el interior de la caja), que contiene 12 recipientes de 3,5 litros del mismo material, Figura 1. Un flujo de agua caliente a 80°C procedente de un calentador pasa al interior del módulo cuando abre una electroválvula normalmente cerrada que está conectada a un termostato fijado en 55°C en el interior del mismo, Figura 2.

Simultáneamente, el agua fría dentro del módulo descarga por una manguera conectada en su parte posterior (sirve también de respiradero) colocada a la misma altura del material a compostar dentro de cada recipiente. Cuando alcanza la temperatura fijada en el termostato (55°C) se produce de manera inmediata el cierre de la electroválvula. La mezcla de residuos orgánicos se puede mantener

a 55°C durante 21 días consecutivos en el interior del módulo. Las condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno necesaria para la actividad microbiana y condición obligatoria propia de un proceso de compostaje) se puede favorecer con el movimiento diario del material dentro de cada recipiente. Culminado los 21 días, el módulo puede permanecer abierto para continuar semeando las condiciones en una pila de compostaje aireada con volteo (dejando los residuos en una fase de maduración).

Muestra en compostaje: detalles de la mezcla y proporción

Se evaluó una mezcla conformada por un residuo orgánico a compostar (lodo residual seco proveniente de una planta de digestión anaeróbica), y diferentes materiales de relleno (MR) para probar la eficiencia del módulo utilizando las siguientes proporciones:

C_1 = Lodo residual seco (LRS) + MR (hojas secas y paja común) en una proporción en volumen 1:2.

C_2 = LRS + MR (virutas de madera) en una proporción en volumen 1:2.

Se determinó el contenido de carbono y nitrógeno para estimar su grado de madurez. Igualmente, se midió los efectos en el desarrollo del cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativum* L.) como una prueba agronómica para valorar las cualidades de los mismos para ser usados como enmiendas de suelo no contaminantes.

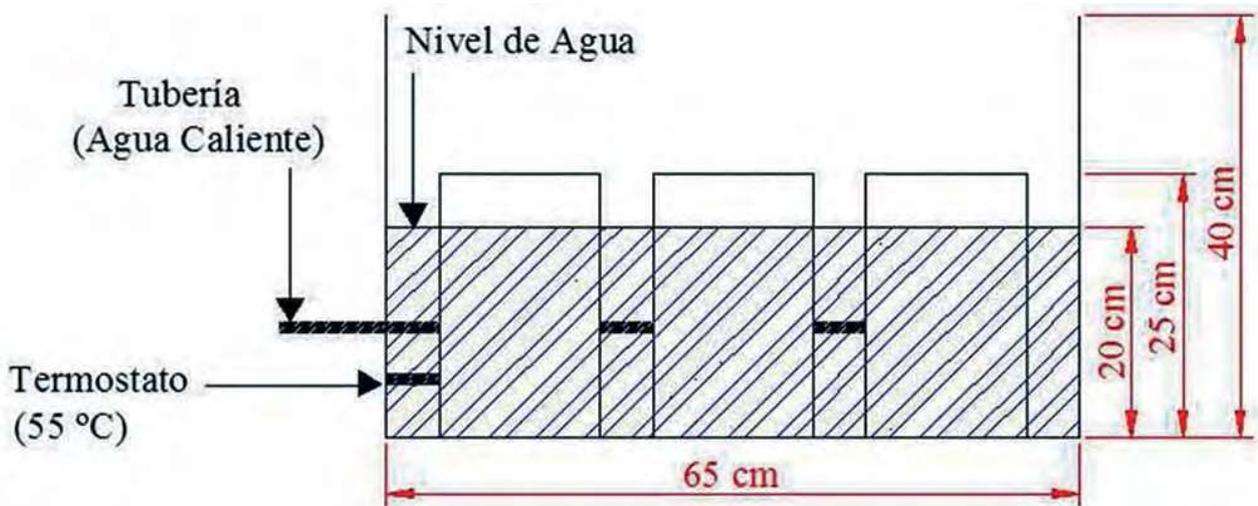
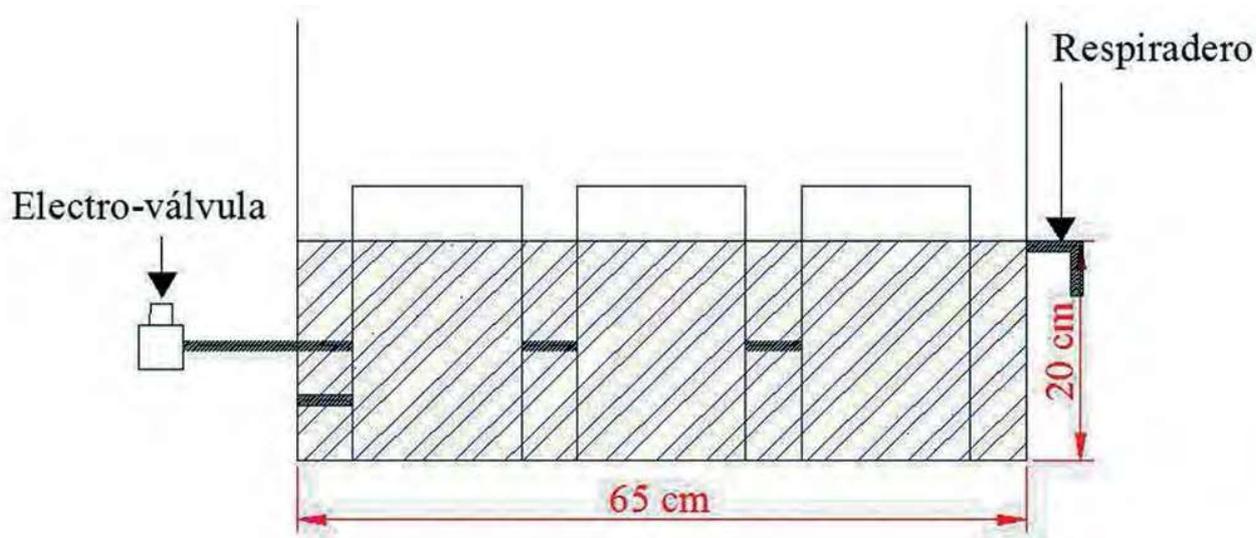


Figura 1. Vista lateral del módulo de compostaje en donde se muestran los recipientes de vidrio y las dimensiones del módulo.

El módulo de compostaje es una caja de vidrio 250 litros de capacidad (se puede construir de otro material más resistente, siempre y cuando no afecte las condiciones del compost).



Nota: Tapa no mostrada.

Figura 2. Vista lateral del módulo de compostaje donde se muestran los recipientes de vidrio y la ubicación de la electro válvula, y del respiradero que funciona también como aliviadero para la descarga de agua.

Revestida con láminas de anime de 3 centímetros de espesor que disminuyen el intercambio de calor entre el ambiente y el interior de la caja.



Relación C/N adecuada para un compost

Los microorganismos necesitan carbono como fuente esencial de energía y nitrógeno para la síntesis de proteínas (junto con otros elementos como el fósforo o el azufre). Es decir, que una relación C/N adecuada permite el crecimiento de la población microbiana y su actividad por un período prolongado de tiempo. Por esta razón, generalmente, el carbono orgánico disminuye según avanza el proceso de compostaje. En el compost, Paul y Clark (1996) indican que la relación C/N debe ser menor de 20 para que este sea comercialmente aceptable.

Los composts elaborados presentaron una relación C/N de 12,19 y 11,17 para C₁ y C₂, respectivamente. Si se considera que la relación C/N de la materia orgánica estable es de aproximadamente 10/1, tales valores pueden ser considerados aceptables. Por otra parte, Bernal *et al.* (1998) y Tiquia *et al.* (1998) refieren que la relación C/N en los residuos orgánicos compostados debe encontrarse alrededor de 12 para poder ser considerados materiales completamente maduros.

Efectos de los compost elaborados al ser usados como enmiendas de suelo sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativum* L.)

Un buen compost debe ser tolerado por los cultivos y no comprometer el crecimiento y desarrollo de las raíces. Midiendo los efectos sobre algunas características biométricas de una planta indicadora, en un ensayo en invernadero con el uso diferentes dosis de los materiales, se puede evaluar las consecuencias (positivas o negativas) que significaría su adición sobre cualquier tipo de suelo.

El rábano rojo es una planta de rápido crecimiento (5 semanas) y presenta un contacto directo entre el sustrato y la parte comestible (Ramírez y Pérez,

2006; Gómez y Pérez, 2008). En este trabajo, se midió la longitud total de la planta (centímetros) y el rendimiento en peso fresco (gramos); sembrado el rábano en potes plásticos de 2 Litros de capacidad (5 semillas por envase), en los que se colocó 1,5 kilogramos de un suelo de la serie Maracay (Ostos, 1993) perteneciente al Campo Experimental de Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (Cuadro).

Los composts elaborados (C₁ y C₂) y el LRS sin compostar, se utilizaron como enmiendas de suelo en dosis de 20 Ton/ha; con un tratamiento sin ningún tipo de enmienda como control (solamente Suelo). Los valores del tratamiento en los que no se utilizó ningún tipo de enmienda, se encontraron por debajo de los otros tratamientos en los que se emplearon las enmiendas de compost, que a su vez resultaron mayores a los valores registrados donde se usó LRS sin compostar. Ramírez y Pérez (2006) observaron un comportamiento similar en las mismas características biométricas medidas presentando resultados con *Raphanus sativum* L.

Bondades del sistema de compostaje propuesto

El módulo diseñado resultó ser efectivo y eficiente para el compostaje de pequeñas cantidades de residuos orgánicos estabilizando la materia orgánica contenida en los lodos residuales. El uso del lodo residual seco (sin ningún tipo de tratamiento) como material de enmienda afectó negativamente las características biométricas medidas en el cultivo de rábano rojo. Los equipos y materiales utilizados hicieron que su funcionamiento sea efectivo, ya que se logró compostar pequeñas cantidades de residuos orgánicos, y también eficiente, en razón de que su funcionamiento representa un gasto mínimo de energía (condición que se logra reduciendo pérdida de calor dentro del módulo).

Cuadro. Características biométricas medidas en el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativum* L.) sembrado en condiciones de invernadero.

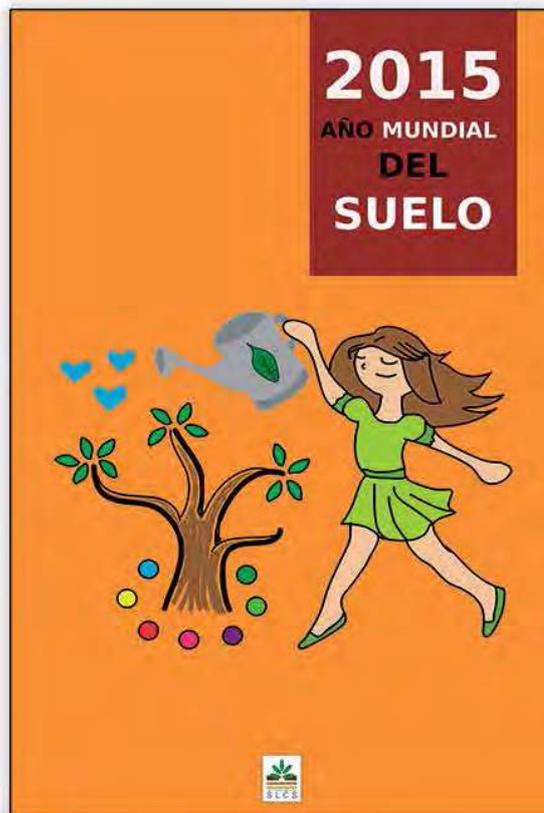
Parámetro	Materiales			
	Suelo	C ₁	C ₂	LRS sin compostar
Longitud de la planta (cm)	20	25	27,56	14,06
Peso fresco de la planta (g)	0,59	1,22	1,22	0,35

Bibliografías consultadas

- Bernal, M.; C. Paredes; M. Sánchez-Monedero and J. Cegarra. 1998. Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 63: 91-99.
- Cegarra, J. 1998. Residuos Orgánicos. Aprovechamiento agrícola como abono y sustrato. 2^{da} edición ampliada y corregida. Editores: Nelson Walter Osorio V. Y Francisco Hernando Orozco P. Medellín, 1571 p.
- Emison 2015. Compostaje. Disponible en línea: <http://www.emison.com/511.htm> [01 de noviembre de 2015].
- Gómez, J. y S. Pérez. 2008. Efectos sobre el cultivo de rabanitos rojo (*Raphanus sativum* L.) de tres fertilizantes orgánicos. Disponible en línea: http://www.agroecologia.net/recursos/publicaciones/publicaciones-online/2009/eventos-seae/cds/congresos/actas-bullas/seae_bullas/verd/posters/9%20P.%20FER/fer6.pdf [01 de noviembre de 2015]
- Gray, K. and A. Biddlestone. 1973. Composting. Process Parameters. *The Chemical Engineer*. 15: 71-76.
- Millner, P. 2003. Composting: Improving On a Time-Tested Technique, Disponible en línea: <http://www.ars.usda.gov/is/AR/archive/aug03/time0803.htm> [10 de diciembre de 2003].
- Ostos, A. 1993. Diagnóstico de la propiedades del suelo que afectan el desarrollo de plantas de cítricas en el lote E sector este del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la UCV. Tesis de grado. Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 87 p.
- Paul, E. and F. Clark. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2 ed. Academic Press. 340 p.
- Ramírez, R. y M. Pérez. 2006. Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rabanitos rojo *Raphanus sativum* L.). *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía*. Colombia, Medellín. 59 (2): 3543-3556.
- Tiquia, S.; N. Tam and I. Hodgkiss. 1998. Changes in chemical properties during composting of spent pig litter at different moisture contents. *Bioresource Technology*. 67: 79-89.



Dirección de Arte: Verónica Piña Morales
Elaborado por: Daniel García Esqueda • Luis Ángel Martínez Ramírez
• Diego Alejandro Rivera de la Rosa • Karla Elizabeth Tinoco Segoviano



Dirección de Arte: Blanca Miriam Granados Acosta
Elaborado por: Carla Guadalupe Anulco Meléndez • Nayelli Berenice García Ariano