



Revisión de sistemas cerrados y abiertos para producir composta

Dulce Jazmín Hernández-Melchor*
Ronald Ferrera-Cerrato
Alejandro Alarcón

Colegio de Postgraduados, Posgrado de Edafología, Microbiología de Suelos. Carretera México-
Texcoco Km 36.5, Montecillo CP 56264, Texcoco, Estado México, México

*Autor para correspondencia: hernandez.dulce@colpos.mx, dulcejazz@hotmail.com.

El interés de esta contribución es dar a conocer otras técnicas y sistemas de producción de compostas a diferentes escalas denominados compostadores, los cuales ayudan a reducir los tiempos del proceso tradicional de compostaje garantizando un producto final (compost) de calidad, que puede ser utilizado para restaurar suelos y contribuir a la nutrición de plantas a partir del uso de residuos orgánicos generados en México.

Introducción

La generación de residuos sólidos urbanos (ej. alimentos, plásticos, cartón y papel) es de las mayores preocupaciones a nivel mundial, ya que estos residuos tienen un impacto social y ambiental. En México se estima que se generan diariamente 120,128 ton de estos residuos, y el 50% de ellos están compuestos de residuos orgánicos (ej. cáscaras de fruta o verdura, cascarones de huevo, filtros para café, pasto y hojarasca, etc.), los cuales pueden ser transformados en abonos orgánicos mediante el proceso de compostaje, partiendo del modelo de economía circular donde se busca reducir la generación de residuos y aprovecharlos al máximo para generar un producto benéfico para las plantas y el suelo.

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) define como compostaje a la mezcla de materia orgánica en descomposición por acción de los microorganismos en condiciones aeróbicas, y este producto se emplea para mejorar la estructura del suelo y proporcionar nutrientes. En dicho proceso, factores como la temperatura, humedad, pH, relación carbono:nitrógeno (C:N), tamaño de partícula, y aireación tienen un papel muy importante para la obtención de composta madura (compost).





Diferencias importantes entre una composta madura e inmadura

En la Tabla 1 se presentan algunas características generales presentes en una composta madura y una inmadura. Los procesos para la obtención de compostas se clasifican en dos categorías principales: sistemas abiertos (biopilas) y cerrados (compostadores/biorreactores).

Tabla 1. Características de una composta madura e inmadura.

Características	Composta madura	Composta inmadura
Textura	Terrosa y homogénea fácil de manipular	Se observan componentes orgánicos sin descomponer
Color	Color marrón oscuro o negro	Variable dependiendo del residuo inicial
Olor	Bosque o tierra húmeda	Amoniaco
Temperatura	Ambiente	Alta
Humedad	Baja	Alta
Nutrientes	Alto contenido de materia orgánica	Contiene inhibidores del crecimiento vegetal y un alto contenido en sales solubles

Sistemas abiertos

De manera tradicional el proceso de compostaje se lleva a cabo en sistemas abiertos denominados biopilas alargadas y biopilas estáticas (Tabla 2). Estos sistemas de producción consisten en apilar el material a ser composteado sobre una plataforma en montones alargados; las principales diferencias entre ambas tecnologías se presentan en la Tabla 2.

A pesar de ser una de las tecnologías más utilizadas para la producción de compostas maduras, los sistemas abiertos presentan diversas desventajas como: tiempos largos del proceso para obtener una composta madura (4 a 6 meses), se requieren grandes espacios de terreno para colocar las pilas, están sujetos a las condiciones ambientales del lugar donde se coloquen, pueden generar gases y malos olores, entre otras; por ello se ha propuesto como alternativa, el uso de sistemas cerrados.

Diseño de sistemas abiertos y cerrados en el proceso de compostaje



Tabla 2. Características generales de los sistemas abiertos de producción de compostas en biopilas.

Biopilas alargadas	Biopilas estáticas
<ul style="list-style-type: none"> • Económico y sencillo. • La aireación se realiza mediante el mezclado manual o mecánico de la composta. • El mezclado permite homogeneizar la temperatura. • La frecuencia del mezclado de la pila depende de la actividad microbiana, que generalmente puede determinarse por el perfil de la temperatura en la composta. 	<ul style="list-style-type: none"> • No necesitan mezclarse mecánicamente. • La aireación y homogeneización del calor en la composta se lleva a cabo por medio de un sistema de inyección (compresor) de aire, mediante tubos colocados en la base alineados paralelamente a lo largo de la pila. • El sistema de inyección de aire permite el control manual o automático de la velocidad del flujo de aire que provee de oxígeno al proceso de composteo, permitiendo así establecer una relación entre el flujo de aire y la actividad microbiana a través del tiempo.

Sistemas cerrados

Los sistemas cerrados son aquellos en los que el proceso de compostaje se lleva a cabo en el interior de un contenedor cerrado, conocido como biorreactor o compostador. En este tipo de dispositivos la materia prima se deposita en su interior y todo el proceso está altamente controlado de forma continua. Existen múltiples diseños de compostadores a pequeña o mediana escala, que pueden o no tener movimiento y cuyo material de construcción puede ser plástico, madera, concreto o metal.

Dentro de los compostadores de pequeña escala sin movimiento utilizados a nivel doméstico podemos mencionar: al compostador de malla metálica, de palos de madera, de ladrillos y de bidón (Figura 1). Estos compostadores son diseñados por su bajo costo y practicidad; sin embargo, presentan algunos inconvenientes en su manejo como son la pérdida de humedad, el incremento excesivo de temperatura, y la compactación del material compostado.

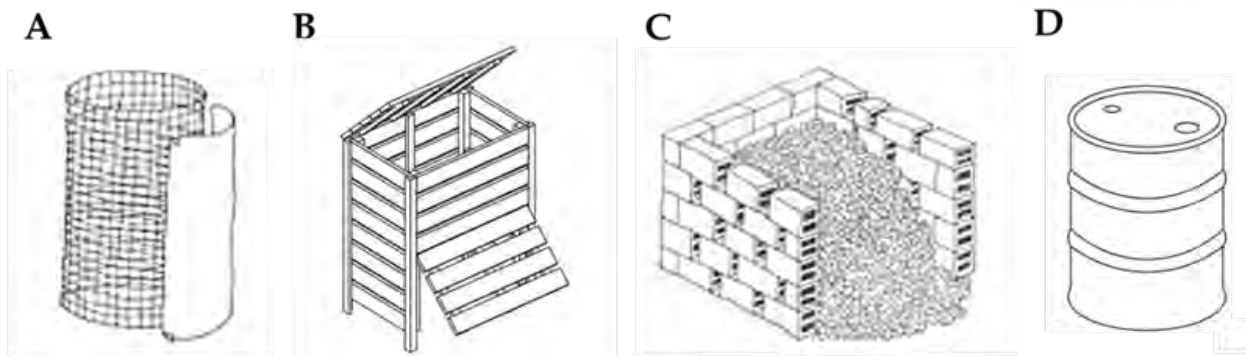


Figura 1. Compostadores de pequeña escala domésticos. **A.** Compostador de malla metálica, **B.** Compostador de palos de madera, **C.** Compostador de ladrillos, **D.** Compostador de bidón.

Debido a los inconvenientes previamente mencionados, y partiendo del diseño del compostador doméstico de bidón, se han realizado variantes de este para favorecer el movimiento, aireación y monitoreo de los sistemas, y con ello, mejorar u optimizar, las condiciones físicas y químicas dentro del proceso de compostaje.

De acuerdo con la disposición del recipiente utilizado como compostador, se pueden clasificar como:

a) Vertical (continuo/estático): el recipiente descansa sobre su base y su altura supera la superficie de la base, la materia orgánica se añade por la parte superior y el material compostado se extrae usualmente por la parte inferior. La materia orgánica y el producto (compost) se incorporan y extraen de manera continua, respectivamente.

Dentro de los diseños verticales encontramos aquellos que se utilizan a mediana escala de 100 a 4500 L, y que consisten en columnas verticales de plástico, que disponen de una compuerta inferior para ir retirando la composta madura; estos diseños no generan olores, ni lixiviados (Figura 2A). Así mismo, se han diseñado algunos modelos que incluyen agitación mecánica interna mediante paletas que favorecen el mezclado homogéneo de los residuos, mayor oxigenación, y, por lo tanto, menor tiempo para obtener el producto deseado (compost) (Figura 2B).



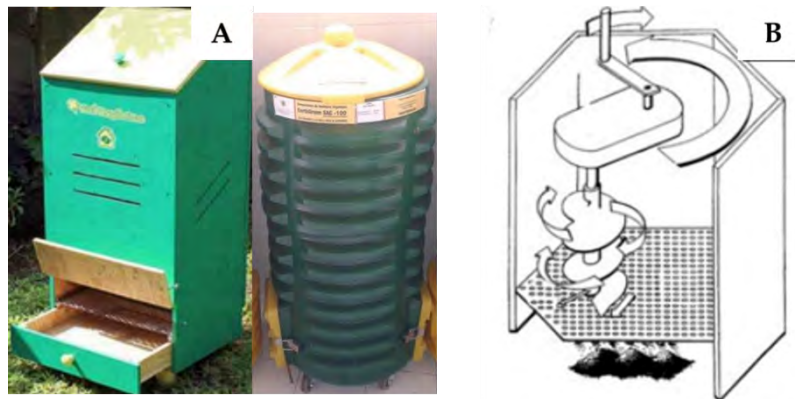
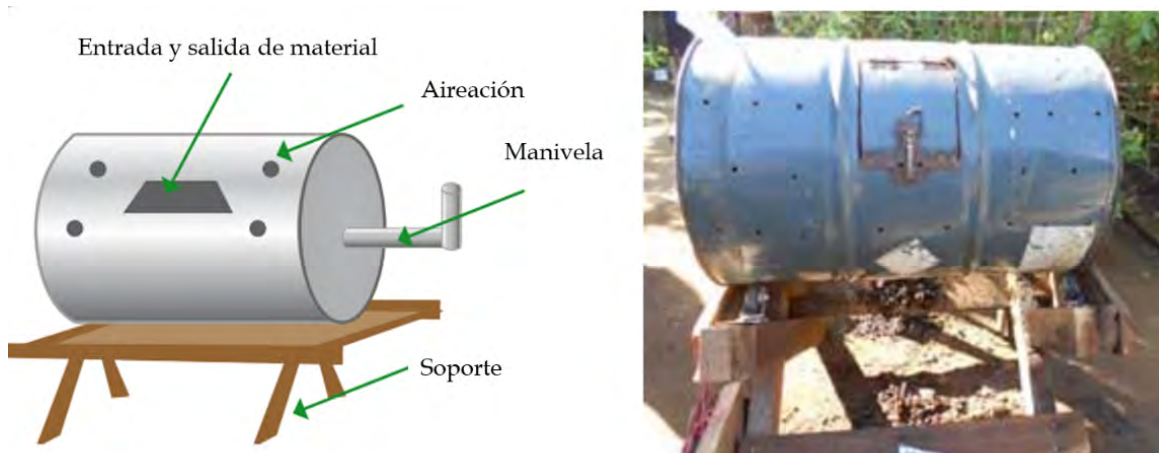


Figura 2. Compostadores verticales. **A.** Mediana escala. **B.** Con agitación mecánica.

b) Horizontal (discontinuo/dinámico): el recipiente descansa sobre su eje longitudinal, denominado discontinuo ya que es un proceso por lotes o cargas, es decir se añade la materia orgánica inicial y se retira el producto hasta que termina el proceso de maduración, no tiene entrada ni salida constante de materia prima ni de producto.

Los compostadores horizontales tienen diversos niveles de sofisticación, capacidades y sistemas que garantizan la ejecución y el control del proceso de compostaje. El diseño a pequeña escala consta de un tambor horizontal sobre un ángulo de soporte y movimiento mediante manivela (Figura 3).



Los sistemas cerrados presentan diversas ventajas y desventajas operativas en comparación con los sistemas abiertos para la obtención del compost (Tabla 3).



Tabla 3. Ventajas y desventajas operativas de los sistemas cerrados.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Los tiempos de residencia, así como la superficie necesaria (extensión de terreno) son menores. • Los olores generados están bajo un control más adecuado que en otros sistemas. • El control de los parámetros necesarios para la descomposición de la materia orgánica está eficazmente monitorizado (temperatura, pH, aireación, humedad). 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto costo de inversión inicial. • Mantenimiento tecnificado. • Difícil escalamiento. • Su volumen de trabajo es limitado.

Conclusiones

El conocimiento de las tecnologías actuales dentro del proceso de compostaje, permite generar alternativas para el manejo de residuos desde una perspectiva de economía circular logrando hacer más eficiente el proceso a partir de los sistemas cerrados conocidos como compostadores, logrando así un manejo integral de los residuos orgánicos generados en México.

Agradecimientos

Al Colegio de Postgraduados por el financiamiento otorgado (CONV_ENASAS_2023_08) a través de Convocatoria la Estrategia Nacional de Suelos para la Agricultura Sostenible (ENASAS- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural) para el desarrollo del presente estudio.





Literatura recomendada



Arrigoni, J. P. (2016). Optimización del proceso de compostaje de pequeña escala. Tesis para obtener el título de Doctor en Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina, 191 pp.

Ayala Cadena, O. (2014). Prototipo de un compostador de uso doméstico automatizado con Arduino. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Computación. Universidad Autónoma del Estado de México. México, 98 pp.

Román, P., Martínez, M. P., & Pantoja, A. (2013). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. FAO, Santiago de Chile, 112 pp.

Semblanzas de autores

Dra. Dulce Jazmín Hernández-Melchor. Investigadora Asociada del Posgrado de Edafología, Área Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Ingeniera Biotecnóloga por UPIBI-IPN. Maestría y Doctorado en Ciencias en la especialidad de Biotecnología por CINVESTAV, SNII 1.

Dr. Ronald Ferrera-Cerrato. Profesor Investigador Emérito del Posgrado de Edafología, Área Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Químico Biólogo Parasitólogo por ENCB-IPN. Doctor en Ciencias por ENCB-IPN. Nivel SNII: Investigador Nacional Emérito por el CONACYT desde 2022.

Dr. Alejandro Alarcón. Profesor Investigador Asociado del Posgrado de Edafología, Área Microbiología de Suelos del Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Ingeniero Agrónomo por la Universidad Veracruzana. Maestría en Ciencias en Edafología por CP, Doctorado en Ciencias en Horticultural Sciences por la Texas A&M University, College Station, Texas, SNII 3.



Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

Terra Latinoamericana es de publicación continua y publica artículos científicos originales de interés para la comunidad de la ciencia del suelo y agua.

TERRA
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030

<https://www.terralatinoamericana.org.mx/index.php/terra>