

# Biotecnología del reciclaje de desechos orgánicos

## Compostaje

Dr. Ronald Ferrera-Cerrato - Microbiología, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, ronaldfc@colpos.mx

Todo país en vías de desarrollo o desarrollado genera una cantidad importante de residuos orgánicos, tanto en la actividad agroindustrial, pecuaria, como urbana. En México 60% de la basura urbana es de origen vegetal, misma que es desperdiciada o tirada en terrenos, barrancos e incluso arrojada a ríos y riachuelos sin que exista un aprovechamiento racional o un reciclaje sistemático de ella. Esto sin tomar en cuenta todo el caudal de materia orgánica que se produce en el campo mexicano como desechos de producción vegetal, actividad ganadera, aviar, etcétera. Por lo anterior, se presenta esta síntesis metodológica que puede ser importante para su uso tanto en granjas agrícolas como en los hogares.

El compostaje es la transformación biológica controlada y conversión de material orgánico sólido a sustancias húmicas estables, obtenidas de un proceso oxidativo aerobio. Esta biotecnología permite reducir volúmenes de desechos orgánicos y aporta un valor agregado desde el punto de vista ecológico y comercial.

En la producción de composta es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- 1) Rapidez de los procesos y bajo consumo de energía.
- 2) Garantizar un producto final de calidad, no solamente seguro para la agricultura, sino con un valor como fertilizante.

3) Seguridad higiénica de las plantas y sus productos finales.

Las diferentes técnicas para el manejo de los residuos orgánicos se basan en sistemas abiertos y sistemas cerrados. Cada uno de ellos presenta diferentes formas o métodos para realizar el compostaje. En el Cuadro 1 se muestran estos métodos.

Para llevar a cabo el compostaje se requiere tener controlados una serie de factores como son: relación carbono-nitrógeno (C/N), contenido de humedad, pH, diámetro de partícula; además

de algunos factores difíciles de controlar como temperatura y concentración de oxígeno. En el Cuadro 2 se mencionan los factores y las condiciones ideales para llevar a cabo este proceso.

**Cuadro 1.** Métodos de compostaje planteados para el manejo de los residuos orgánicos.

SISTEMAS ABIERTOS	
Pila con volteos continuos	
Pila estática	Succión de aire Inyección de aire Ventilación alternada Inyección de aire y control de temperatura
SISTEMAS CERRADOS	
Reactores verticales	Continuos Discontinuos
Reactores horizontales	Estáticos Con movimiento de material

### FUENTES DE MATERIA ORGÁNICA PARA EL COMPOSTAJE

- Los restos de la cosecha del campo que se usan para hacer compost corresponden a hojas, frutos, tubérculos y tallos jóvenes, los cuales son ricos en nitrógeno y carbono. Los tejidos más viejos son menos ricos en nitrógeno y, de acuerdo a la edad de la planta, su biodegradación es más lenta.
- Los abonos verdes y cortes de césped de jardines son excelente material para hacer pilas de compostaje.
- Las ramas de árboles fru-

**Cuadro 2.** Factores o condiciones ideales en el proceso de compostaje.

FACTOR	INTERVALO RECOMENDABLE	OPTIMO
Relación C:N	20:1 - 40:1	25:1 - 30:1
Contenido de agua	40 - 65 %	50 - 60 %
Concentración de oxígeno	> 5 %	Variable*
Diámetro de partícula	0.3 - 1.3 cm	0.3 - 1.3 cm
Temperatura	40 - 65 °C	55 - 60 °C

\*Depende del tipo de material, tamaño de pila y de las condiciones de humedad

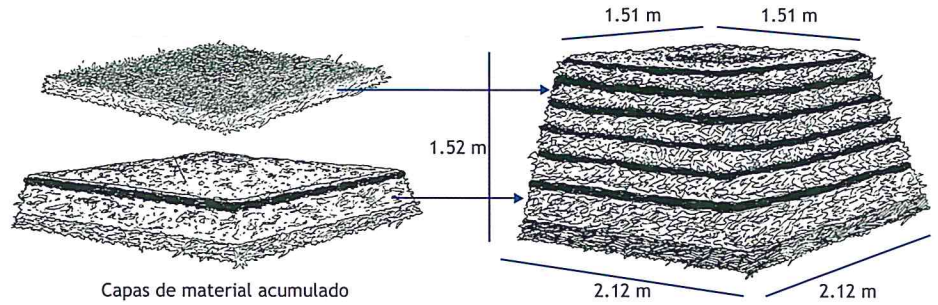
tales podados y otras especies ornamentales arbóreas: requieren ser triturados para su procesamiento, por lo que el tiempo de transformación de este material es más prolongado.

- Residuos urbanos: son aquellos que proceden de la basura generada en las ciudades y se prefieren aquellos que resultan de la preparación de alimentos en casas, hoteles y restaurantes, los cuales pueden recolectarse para su transformación.

- Otra fuente muy importante está representada por granjas de producción animal y sus derivados, como estiércoles de ganado bovino, ovino, caprino, aves de corral y porcino. El manejo de cada uno o mezclas de varios permite un mejor balance nutricional o textura, así como mayor calidad en el producto final.

- Plantas acuáticas de agua dulce o mar. Mensualmente se recogen de las playas gran cantidad de plantas, y durante el dragado de los lagos se recolectan grandes cantidades de lirio acuático y otras plantas de menor tamaño.

- Desechos industriales: la mayoría son derivados de la agroindustria, entre los que se incluyen el empaque y procesamiento de plantas hortícolas, preparación de enlatados



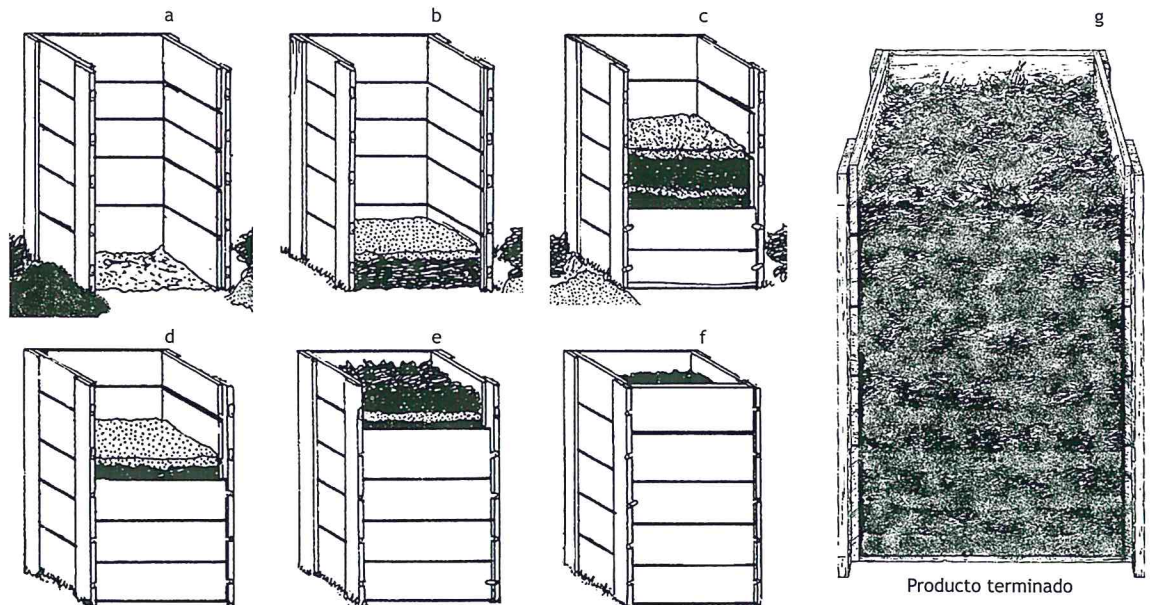
**Figura 1.** Pilas hechas con diferentes desechos orgánicos de plantas y animales, indicándose su construcción con una base más ancha que la superior.

o secado de frutas, procesamiento de jugos, vinos y otros licores, desechos de la producción de azúcar, etcétera. De manera particular la producción de papel contribuye a la acumulación de cantidades considerables que se deben desechar o reciclar.

El proceso de compostaje se basa en la actividad microbiana, la cual responde a diferentes fases de temperatura: a) mesofílica, de aproximadamente 50 a 60 días; b) termofílica, de 50 a 60 días; c) enfriamiento, de 50 a 60 días y; d) maduración, de 50 a 60 días. Estos cambios en temperatura se presentan debido al tipo de microorganismos que actúan en sucesión y de acuerdo con su actividad fisiológica, como amilolíticos, proteolíticos, nucleolíticos, celolíticos, ligninolíticos, etcétera. En la fase mesofílica se atacan los componentes de carbono más simples y en las siguientes fases se atacan los más complejos. Durante la fase de maduración se estabiliza el compost, por lo que el proceso se considera terminado, listo para efectuar los análisis de calidad y evaluación microbiana en la cual se debe evitar la presencia de patógenos para humanos, animales y plantas.

En esta ficha técnica se presentan tres formas de hacer compost:

1. **El método Indore.** Es utilizado en la India y consiste en poner el material orgánico en pilas. Una pila está integrada por varias capas, como si fue-



**Figura 2.** Cajas de compostaje Método California. Llenado de las cajonetas (a) en forma secuencial (b, c, d, y e), llenado final (f) y producto terminado (g).

ra un pastel: una capa de material vegetal de aproximadamente 5 pulgadas; otra de 1 ó 2 pulgadas de estiércol bovino, caprino u ovino, donde se puede emplear también la gallinaza; y otra de material vegetal, rastrojos de maíz, trigo, cebada, caña, etcétera. También, de ser necesario, se puede agregar fertilizantes minerales entre cada capa. Con ellas se construye una pila de 1.52 m de alto con un área en la base de 4.5 m<sup>2</sup> y un área en la cúspide de 2.3 m<sup>2</sup>. Esta pila se puede repetir cuantas veces sea necesario. Se debe procurar cumplir con los parámetros o factores que se mencionan en el Cuadro 1. Los volteos de este material se hacen a la sexta semana y después de 12 semanas. Una vez madurado el compost, está listo para su uso. En la Figura 1 se puede observar la forma de la pila.

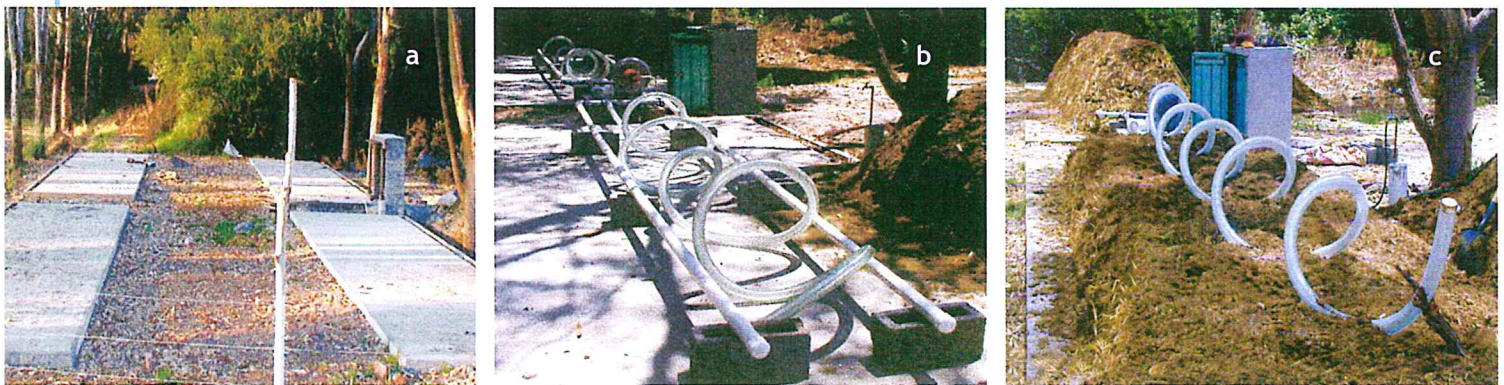
**2. Método de compostaje estilo California.** En este caso se hacen cajonetas de madera y en ellas se forman las pilas aplicando capas del material a compostear. En la Figura 2 se puede observar la forma de la cajoneta y la hechura de la pila.



**Figura 4.** Pilas sometidas a composteo por volteo (a) y de aireación forzada (b).

ben regarse más frecuentemente en comparación con la pila que será sometida a volteo (Figura 4a), en las que el agua se aplica aproximadamente cada 6 semanas.

Todas las camas deben tener canales laterales donde escurra el líquido que procede de las pilas, que puede ser reciclado sobre las camas. Es importante aclarar que



**Figura 3.** Plataformas de cemento (a), construcción y conexión para los tubos de aireación (b), y construcción de las pilas para el compostaje (c).

**3. Método de aire forzado para hacer el compostaje y para pilas de volteo.** Las pilas se pueden preparar con diferentes materiales a compostear, con las mismas técnicas que en las pilas de volteo. Las pilas se construyen de preferencia sobre una superficie lisa como una plancha de cemento. Se instala una serie de tubos que airean a la pila desde el centro, al estar conectados a un ventilador con la capacidad suficiente para airear el volumen del material orgánico previamente apilado (Figura 3). Los tubos en cada pila son conectados a un motor de ventilación de tres caballos de fuerza que abastece de aire a las pilas de 7.3 x 1.15 m de largo y ancho, y 1.15 m de altura (Figura 4). Se recomienda tener un termostato que programe la aireación y regule la temperatura a 55-60 °C para que el proceso sea más eficiente. La humedad debe mantenerse de 40 a 60%, por lo que este tipo de pilas de-

en este sistema no se aplican volteos y los estudios analíticos de calidad se hacen al final del proceso. En la Figura 4 se ejemplifican las pilas para programa de volteo así como la de aireación forzada. Las metodologías planteadas tienen la posibilidad de ser escaladas a mayores volúmenes de los aquí planteados.

### ANÁLISIS QUÍMICO DEL COMPOST

Con el fin de aplicar el producto de compost en parcelas, huertos y jardines, se recomienda hacer un análisis químico para conocer las características del producto final.

En el Cuadro 3 se presenta un análisis elemental realizado en el Área de Microbiología del Colegio de Postgraduados, utilizando diferentes desechos orgánicos.

El contenido de los nutrientes dependerá del material

que fue sometido al compostaje, es decir, si son estiércoles, gramíneas, leguminosas o basura urbana, pero todo compost debe cumplir con el mínimo requerido para uso. Es recomendable que antes de aplicar el compost se conozca las propiedades de estos productos. Cuando se van a destinar a la venta, se deberá especificar su origen y características, que pueden incluir las siguientes:

- a) Contenido de materia orgánica.
- b) Contenido de humedad.
- c) Porcentaje de materiales inertes, ya que la calidad depende del contenido de éstos; es preferible su ausencia o tener muy baja cantidad.
- d) Contenido nutrimental.
  - No menos de 0.6% de nitrógeno en peso seco.
  - Cantidad normal de fósforo de 0.5 a 0.9% en peso seco.
  - Entre 0.2 y 0.8% de potasio (K<sub>2</sub>O) en peso seco.
  - Micronutrientes. Los quelatos de Fe, Cu y Zn son benéficos para las plantas.
- e) Relación C:N al inicio y al final, que debe ser de 22:1
- f) Salinidad: una elevada salinidad daña a las plantas.
- g) El pH debe fluctuar entre 6.5 y 8.0.
- h) Metales pesados. En compost de residuos vegetales no constituyen un problema; sin embargo, en lodos urbanos, elementos como Pb, Cu, Zn y Ni, pueden ser un factor de contaminación para otras áreas donde se aplicará la composta.
- i) Número probable de microorganismos benéficos (fijadores de nitrógeno o promotores de crecimiento vegetal, entre otros), así como verificar la ausencia de patógenos tanto para humanos como para plantas.

### USOS EN LA AGRICULTURA

Enseguida se enlistan los principales usos del compost:

- a) Como mejorador físico del suelo, fertilizante, inductor de microorganismos benéficos del suelo, en la restauración de suelos perturbados o contaminados, en la fertilización de plantas de importancia hortícola, frutícola y forestal.
- b) En semilleros se puede utilizar como sustrato de germinación, o aplicarse en los sustratos de enraizamiento de plantas frutícolas y de importancia forestal.
- c) Como fuente de humus líquido recolectado mediante extractores. Este producto líquido puede ser aplicado en fertiirrigación.
- d) Como materia orgánica modificadora del hábitat de los patógenos de hábitos radicales.
- e) Como sustrato acarreador de inoculantes para microorganismos fijadores de nitrógeno y controladores de patógenos.

Los usos del compost son una base fundamental en la producción orgánica cuando se producen exclusivamente para este fin.

La siguiente ficha será sobre vermicompostaje. \_\_\_\_\_

**Se instala una serie de tubos que airean a la pila desde el centro, al estar conectados a un ventilador con la capacidad suficiente para airear el volumen del material orgánico**

**Cuadro 3.** Características físicas, químicas y biológicas de compost obtenido de diferentes desechos orgánicos.

Parámetro evaluado	Paja de avena agotada <sup>a</sup> Compost	Desechos de mercado <sup>a</sup> Compost
pH	8.4	9.5
C.E. (dS m <sup>-1</sup> )	5.74	3.65
N (%)	1.05	1.73
P (%)	0.25	0.48
K (%)	1.2	1.18
C.O. (%)	39	26
Ca (%)	2.2	2.7
Mg (%)	0.6	1.3
Na (%)	0.53	0.22
Fe(mg kg <sup>-1</sup> )	3900	10000
Cu(mg kg <sup>-1</sup> )	10	26
Mn(mg kg <sup>-1</sup> )	115	175
NO <sub>3</sub> (meq L <sup>-1</sup> )	43	866
NH <sub>4</sub> (meq L <sup>-1</sup> )	18	17
Bacterias <sup>b</sup>	7.2 x 10 <sup>-7</sup>	16.9 x 10 <sup>-7</sup>
Hongos <sup>b</sup>	142 x 10 <sup>-5</sup>	46.3 x 10 <sup>-5</sup>
Actinomicetos <sup>b</sup>	6.8 x 10 <sup>-6</sup>	17.9 x 10 <sup>-6</sup>

C.E.=Conductividad eléctrica, C.O.=Carbono orgánico  
Fuente: <sup>a</sup>Santamaría y Ferrera-Cerrato (1996); <sup>b</sup>Expresados en unidades formadoras de colonias (UFC) crecidas en medios selectivos para cada grupo microbiano g<sup>-1</sup> de materia seca (Corlay et al., 1999).

### BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

Este trabajo está basado en estudios experimentales desarrollados en el Área de Microbiología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Langen Corlay Chee. 1997. Cinética microbiana del proceso de producción de vermicomposta. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Salustio Santamaría Romero. 1999. Escalamiento de los procesos de composteo y vermicomposteo. Aspectos biológicos y nutrimentales. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Joel Velasco Velasco. 2002. Alternativa tecnológica del reciclaje de desechos orgánicos del Colegio de Postgraduados. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México.

Para mayor información sobre el compostaje se recomienda también:

Capistran, F., Aranda, E. y Romero, C.J. 2001. Manual de reciclaje; compostaje y lombricompostaje. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz.