

Escanea el contenedor de basura de abajo con la aplicación móvil de LinkReader para ver un video que explica cómo funciona el compostaje.



¡Tu Basura, el Tesoro de la Naturaleza!

Por Julia R. Barrett

CONSIDERA TODA LA COMIDA QUE HAS TIRADO ESTA SEMANA: algunos centros de manzana, restos de vegetales, la galleta que se cayó al suelo, o la mitad del sándwich que querías comerte más tarde pero ahora no se ve muy apetitoso. Ahora piensa en cuánto desperdicio de comida generas cada año. Es una cantidad enorme, especialmente cuando se combina con los desperdicios de todas las personas en tu comunidad. Por ejemplo, si vives en una ciudad de tamaño mediano como lo es Madison en el estado de Wisconsin con casi 250,000 habitantes, podrías mirar con consternación a miles de toneladas de desechos de alimentos.

La basura orgánica -una combinación caótica de restos de poda de plantas y arbustos, y desechos de comida - ocupa mucho espacio en vertederos. Sin embargo, resulta aún más problemático cuando los residuos orgánicos están enterrados ya que se descomponen en condiciones libres de oxígeno, o anaeróbicas, produciendo gases que contaminan la atmósfera. La descomposición es impulsada por microbios que crecen en ausencia de oxígeno. Entonces, ¿cuál es la mejor manera para mitigar el problema de desperdicios de alimentos?

Alimentos podridos

Los desechos orgánicos se componen principalmente de carbono,



hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, con pequeñas cantidades de fósforo, azufre, potasio, y otros elementos traza. Cuando los microbios anaeróbicos descomponen los desperdicios, energía es liberada y los microbios convierten los desechos en compuestos que mantienen sus crecimiento y reproducción. Además, se generan gases nocivos como el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2), así como ácidos orgánicos y amoníaco (NH_3).

El metano es un gas de invernadero más potente que el CO_2 y se emplea como combustible en centrales eléctricas y estufas de cocina. Aunque existen fuentes naturales de metano, las acciones humanas representan la

mayor fuente de emisiones de metano a nivel mundial. Los vertederos de residuos sólidos municipales (MSW, por sus siglas en inglés) son la tercera fuente de emisiones de metano relacionadas a las actividades humanas en Estados Unidos. Por ejemplo, los vertederos contribuyeron un 15.4% de estas emisiones en el 2015. Parte del metano producido en vertederos es recuperado y utilizado para generar energía. Una alternativa para reducir las emisiones de metano es utilizar un proceso más eficiente llamado compostaje, el cual se basa en la descomposición microbiana de la materia orgánica

Compostaje

El compostaje es la degradación microbiana del material orgánico en componentes más simples que se utilizan para fertilizar el suelo sin el uso de productos químicos potencialmente dañinos. Por lo general, los residuos orgánicos pueden ser compostados de dos maneras: anaerobicamente, sin requerir oxígeno; y aeróbicamente, requiriendo oxígeno.

El compostaje anaeróbico es similar a la descomposición de desechos orgánicos en un vertedero, pero es más controlado y libera menos contaminantes en la atmósfera. Primero, los desechos se trituran porque los trozos pequeños se descomponen más rápido



que los grandes. Luego, estos trozos se cargan en un recipiente cerrado, llamado digestor. Allí, los microbios anaeróbicos consumen el material orgánico para producir metano y un producto parecido a una suspensión, llamada digestato. El digestato es usado principalmente para acondicionar el suelo ya que puede descomponerse aeróbicamente en el suelo. Debido a que el digestor es un sistema cerrado, el metano puede ser capturado, almacenado, y posteriormente utilizado como fuente de energía, a diferencia de un relleno sanitario donde el metano se puede escapar. Sin embargo, el compostaje anaeróbico requiere equipos costosos para que el metano pueda ser capturado adecuadamente.

Por el contrario, el compostaje aeróbico se produce en un sistema abierto, y por lo tanto, en presencia de oxígeno. Durante este proceso, las bacterias -que son un tipo de microbios- utilizan oxígeno y compuestos de carbono para estimular su crecimiento. El resultado final del compostaje aeróbico es el dióxido de carbono, el vapor de agua, y un material orgánico marrón oscuro o negro. Este material, llamado composta, es aproximadamente la mitad del volumen del material original y puede usarse para enriquecer el suelo en campos de cultivo y jardines.

El compostaje aeróbico no requiere equipos costosos, a diferencia del compostaje

anaeróbico. Este proceso de baja tecnología consiste en secar los desechos mientras se agitan para maximizar su exposición al oxígeno.

Encontrar el equilibrio adecuado

El tipo de compostaje utilizado dependerá del tipo de desecho orgánico que esté disponible en el sistema. Los desechos de alimentos se descomponen rápidamente y producen una cantidad sustancial de metano y dióxido de carbono, por lo que un digestor anaeróbico suele ser la mejor opción.

Un digestor anaeróbico es relativamente fácil de usar ya que requiere solamente el material de desecho, una fuente de calor, y agua. Los microbios trabajan

rápidamente en un ambiente caliente, y los derivados de un tipo de microbio se pueden utilizar sucesivamente como combustible para otro. Pero, como mencionado anteriormente, el equipo necesario puede ser costoso.

Por el contrario, los residuos de jardín, las hojas y las malas hierbas se descomponen lentamente y no generan suficiente metano y dióxido de carbono para justificar el gasto de un sistema de compostaje anaeróbico. Por lo tanto, el compostaje aeróbico tiene más sentido

al considerar estos tipos de residuos.

Un sistema aeróbico requiere mucho trabajo, pero es más práctico porque la materia prima no está encerrada en un dispositivo. Tu puedes crear un montón de residuos compostables al aire libre. Las bacterias en un proceso de compostaje aeróbico funcionan como las bacterias en el compostaje anaeróbico. Las bacterias utilizan compuestos que contienen carbono para liberar energía a través de reacciones químicas y utilizan nitrógeno para estimular su crecimiento, metabolismo y reproducción a través de proteínas y ácidos nucleicos.

A diferencia de los microbios anaeróbicos, los microbios aeróbicos tienen necesidades más exactas y requieren oxígeno. Dado que el compostaje aeróbico es más práctico para las personas, consideremos más detenidamente este concepto.

El compostaje aeróbico

Los dos tipos de bacterias, mesófilas y termófilas, están generalmente presentes en los desechos orgánicos. Las bacterias mesófilas crecen mejor en temperaturas moderadas, típicamente entre 20°C y 45°C, mientras que las bacterias termófilas crecen mejor en temperaturas más altas, normalmente entre 40°C y 65°C (150°F).

Las bacterias mesófilas predominan al comienzo del proceso. A medida que estas bacterias descomponen compuestos químicos



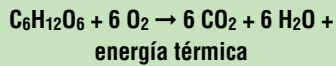
Un ejemplo de composta hecha en casa



Compostaje en el patio trasero

LA COMPOSTA PUEDE SER HECHA A ESCALA PEQUEÑA en un compartimiento del patio trasero. En este caso, lo mejor es quedarse con el compostaje aeróbico de restos de frutas y vegetales, restos de poda de plantas y arbustos y otras materias vegetales. Otros desechos, como las heces de perros y gatos, se descompondrían en el montón de compostaje, pero no sería lo suficientemente grande como para generar suficiente calor para matar los organismos causantes de enfermedades, particularmente los huevos de gusano. Los restos de carne -incluyendo lo que pudo haber sido la mitad de tu sándwich y los alimentos que contienen altos niveles de grasas y aceites no son recomendados para el montón de composta ya que son más difíciles de romper, y atraen a las plagas.

en los residuos, generan calor y el montón de compostaje se vuelve cada vez más caliente. Una reacción que tiene lugar durante el compostaje aeróbico es la oxidación de la glucosa ($C_6H_{12}O_6$), un azúcar simple presente en las plantas, como sigue:



Las bacterias termófilas asumen el control cuando la temperatura del compostaje excede los 40°C (104°F). A medida que las reacciones avanzan y se consumen los materiales orgánicos, las reacciones se desaceleran, las bacterias termófilas mueren y las bacterias mesófilas predominan nuevamente. Finalmente, los desechos se convierten en un producto final estable llamado composta madura.

Para que éste proceso ocurra, el montón de compostaje tiene que sustentar el crecimiento y la reproducción de ambos tipos de bacterias. Además del rango correcto de temperatura, el acceso al oxígeno es necesario para un compostaje exitoso. Para asegurar un buen suministro de oxígeno en todo el material orgánico y evitar que los procesos anaeróbicos entren en acción, el montón de compostaje necesita ser volteado y mezclado a fondo, lo que también ayuda a liberar calor. Hasta cierta temperatura, el calor generado a través de las reacciones bacterianas es beneficioso.

Aproximadamente a 55°C (131°F) es lo suficientemente intenso como para matar bacterias que causan enfermedades.

A una temperatura de 63°C (145°F), el compostaje está lo suficientemente caliente para destruir las semillas de mala hierba. A una temperatura mayor, las bacterias mueren o se convierten en esporas latentes resistentes a condiciones hostiles. Las altas temperaturas hacen que el agua de los residuos se evapore más rápidamente, dejando la composta seca para evitar el crecimiento bacteriano; sin

Composta en una botella

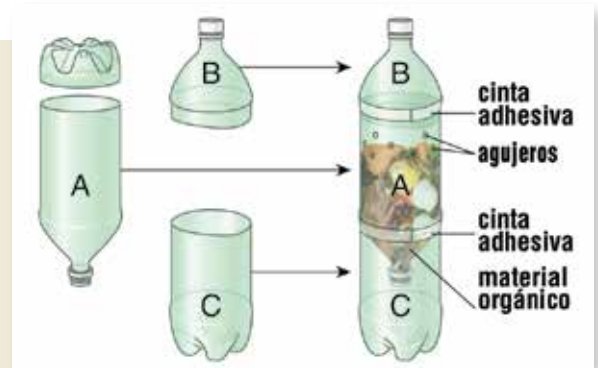
¿No tienes un patio? ¿No tienes un digestor? Todavía puedes experimentar con compostaje utilizando botellas de plástico y algunos desechos de planta.

Después de montar el compostador siguiendo las instrucciones, colóquelo (o cuélgalo) en un lugar cálido, como en una ventana soleada o debajo de una luz vegetal. **Revisalo diariamente y registra las observaciones**, tales como la aparición del material de compostaje y cualquier otro cambio que observes. Por ejemplo, considera: *¿Hay olores?*, *¿Se formó moho?*, *¿Se ve húmedo o seco?*

A medida que pasen las semanas, los restos serán cada vez menos distinguibles entre sí, y la masa total se hará más pequeña. Probablemente no tendrás composta pura, pero el material final será diferente en comparación a los productos originales.

Si tienes muchas botellas de plástico y suficiente ambición - o un grupo de amigos o compañeros de clase - considera experimentar con el sistema - teniendo en cada sistema un factor diferente a los demás.

¿Qué sucede si se cambia la proporción de restos de frutas y hortalizas por artículos con mucha lignina (por ejemplo, periódicos y astillas de madera)? ¿Qué ocurre si se colocan compostadores con el mismo contenido en áreas con diferentes temperaturas? Si se agrega una pequeña cantidad de material parcialmente compostado a material fresco en un nuevo compostador, ¿la descomposición sería más rápida?



Necesitarás:

- tres botellas de plástico
- un clavo (u otro objeto para perforar agujeros en la botella)
- una cuchilla de afeitar
- cinta adhesiva, y otros artículos

Para las instrucciones completas

favor visitar: http://www.bottlebiology.org/investigations/decomp_main.html.

Tenga cuidado cuando utilice objetos punzantes.



embargo, se introduce el riesgo de fuego o combustión espontánea.

Otro factor importante para un proceso exitoso de compostaje aeróbico es tener las cantidades correctas de carbono y nitrógeno en el sistema.

En general, los organismos biológicos necesitan alrededor de 25 veces más carbono (C) que nitrógeno (N). Los desperdicios de frutas, como una manzana, tienen una relación de carbono a nitrógeno de 35:1. En este caso, hay mucho más carbono que nitrógeno, y el proceso de compostaje se ralentiza. Para acelerarlo, la alta relación C:N de las frutas necesita ser compensada. Por ejemplo, los terrones de café, que tienen una relación C:N de 20:1, podrían añadirse para reducir la proporción total de carbono.

Agregar demasiado nitrógeno sería un error ya que puede conducir a la producción de amoníaco y otros productos nitrogenados, lo que haría que el material de compostaje tenga mal olor. **Idealmente, la relación C:N debe estar entre 20:1 y 25:1.** El crecimiento bacteriano no se detiene si la relación C:N es imprecisa; simplemente se ralentiza.

Con el crecimiento bacteriano nutrido por los niveles apropiados de oxígeno, en la proporción correcta carbono-nitrógeno, y dentro de un rango de temperatura razonable, el material orgánico de compostaje se convierte en CO_2 , agua y composta madura con bastante rapidez. En verano, las temperaturas cálidas estimulan la actividad bacteriana, por lo que si la composta se mezcla frecuentemente puede estar lista en aproximadamente tres meses. El compostaje maduro puede entonces esparcirse sobre el suelo para que las plantas puedan crecer en un suelo con mayor proporción de carbono. Esta capacidad tiene un rol subestimado en la mitigación del cambio climático al reducir

las emisiones de metano, un gas de efecto invernadero. Extraer el exceso de carbono fuera de la atmósfera es otra ventaja de este proceso. ¡Por no mencionar la reducción de la cantidad de material orgánico desechado en los vertederos!

Futuro del compostaje

El uso más común de los desechos de alimentos en los Estados Unidos se encuentra en los programas municipales de compostaje. Ciudades como San Francisco, California; Portland, Oregón; y Seattle, Washington, han implementado programas que desvían los residuos orgánicos de los vertederos. En algunas ciudades, como Seattle, es contra la ley poner restos de comida en la basura. Otras ciudades, como Madison, usan el compostaje

anaeróbico para capturar metano y lo usan como combustible para carros, camiones, y autobuses.

“Estamos llevando 13,000 toneladas de residuos de alimentos al relleno sanitario cada año, y en lugar de pagar para enterarlo, lo usamos para producir electricidad”, dice Bryan Johnson, Director de Reciclaje en Madison.

Los jóvenes, en particular, son conscientes de preservar el medio ambiente y asumen responsabilidad de los productos que utilizan. Johnson dice: “Las personas están cada vez más consciente de la importancia de preservar el medio ambiente aún cuando están fuera de sus casas, sigue siendo su responsabilidad”. ^{CM}

REFERENCIAS SELECCIONADAS

Composición de Cornell. Cornell Waste Management Institute, Universidad de Cornell: <http://compost.css.cornell.edu/> [accedido en agosto de 2017].

Principios básicos de compostaje. ¿Qué es el compostaje? Centro Agrícola de la Universidad Estatal de Luisiana, Investigación y Extensión: <http://www.lsuagcenter.com/~media/system/d77/c/d57c9aceee429cdcfda31aa37a053688/pub-2622compost2.pdf> [accedido en agosto 2017].

Manejo Sostenible de los Alimentos. Jerarquía de Manejo Sostenible de los Alimentos. Jerarquía de recuperación de alimentos. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, febrero 19, 2017: <https://www.epa.gov/sustainable-management-food/food-recovery-hierarchy> [accedido en agosto de 2017].

Emisiones de gases de efecto invernadero. Descripción general de los gases de efecto invernadero. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, abril 14, 2017: <https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/ch4.html> [accedido en agosto de 2017].

Julia R. Barrett es una escritora científica que vive en Madison, Wisconsin. Este es su primer artículo en *ChemMatters*.



Para más información, por favor contacte a:
Project SEED
American Chemical Society, Education Division
1155 Sixteenth Street, N.W., Washington, DC 20036
202-872-4380