

# COMPOSTAJE Y COMPOST



Ing. Agr. (Dr) Roberto Docampo

INIA Las Brujas

La enorme variedad de desechos de origen vegetal, animal y sintético que se generan a través de las actividades productivas y domésticas del hombre pueden ser valorizados.

Elo es posible mediante una de las técnicas más versátiles y rentables para el manejo de los desechos orgánicos, el compostaje. Su producto final, el compost, tiene una serie de utilidades y beneficios amplios y, por consiguiente, un mercado que convierte al compostaje en una alternativa altamente viable para el procesamiento de los desechos biodegradables que se generan a nivel mundial.

## ¿QUÉ ES EL COMPOSTAJE? ¿QUÉ ES EL COMPOST?

El proceso de compostaje consiste en reproducir parte del ciclo biológico natural de crecimiento y descomposición. Al morir, las plantas y los animales que de ellas se alimentan se convierten en la materia prima para el proceso de descomposición y humificación (transformación de la materia orgánica del suelo en humus). Los microorganismos, hongos, insectos, ácaros y otros pequeños animales convierten el carbono de la materia orgánica muerta en energía para su propio crecimiento, liberan dióxido de carbono al aire, utilizan los nutrientes que las plantas tomaron del suelo y luego los devuelven a éste al morir. Otros microorganismos y vegetales reutilizan el carbono y los nutrientes y el ciclo comienza nuevamente.

## COMPOSTAJE

Proceso biológico controlado de conversión y valorización de los sustratos orgánicos (subproductos de la biomasa, desechos orgánicos) en un producto estabilizado, higiénico, similar a un suelo y rico en compuestos húmicos.

## COMPOST

Producto orgánico complejo con la función primaria de APORTE DE MATERIA ORGANICA al suelo, y funciones secundarias de:

- Aporte de elementos nutritivos
- Reducir la incidencia del parasitismo
- Ahorro de agua

Durante el compostaje los microorganismos se multiplican y los procesos bioquímicos liberan anhídrido carbónico, agua, energía y otros productos orgánicos. Parte de la energía se utiliza en el metabolismo y el resto se emite en forma de calor (Figura 1). Al principio, cuando los microorganismos disponen de su alimento fácilmente, se produce una descomposición rápida con importante generación de calor, a medida que el alimento se agota disminuye el crecimiento microbiano y por consiguiente la generación de calor, continuando el proceso de descomposición y generación de humus pero en forma más lenta.

El manejo de compostaje consiste en alcanzar y mantener lo más posible la actividad microbiana, de forma de lograr una descomposición rápida con importante generación de calor. Para ello es indispensable mantener un equilibrio entre alimentos, agua y aire en la pila de compostaje que favorezca a los microorganismos capaces de desarrollarse a una temperatura superior a 45 °C (termófilos). Con ello se logra una mejor y más rápida descomposición, y alcanzar temperaturas de entre 50 y 65 °C que destruyen a la mayoría de los patógenos y semillas de malezas pero no a otros microorganismos benéficos.

El producto final del proceso (compost) tendrá menor carbono, energía química, proteínas y agua que las materias primas que lo originaron, pero tiene más humus, sustancia compuesta por productos orgánicos de naturaleza coloidal que se genera en la descomposición natural de los restos orgánicos y es componente principal que determina la fertilidad de los suelos.

## LOS ACTORES PRINCIPALES DEL COMPOSTAJE

Cuando establecemos una pila o hilera de compostaje con las condiciones físicas y químicas adecuadas se establece una cadena alimenticia con niveles de consumidores primarios, secundarios y terciarios, todos con una contribución importante al proceso. Los residuos orgánicos son consumidos por varios tipos de invertebrados que al mismo tiempo "muelen" los materiales vegetales, creando así una mayor superficie para la acción de hongos, bacterias y actinomicetos; que a su vez son alimentos de otros organismos como ácaros y nematodos.

Muchas clases de lombrices, incluyendo lombrices de tierra, nematodos, lombrices rojas, comen vegetación y microbios, y excretan compuestos orgánicos que enriquecen el compost.

Las bacterias son los organismos más pequeños y más numerosos que se encuentran en el compost, y son res-

ponsables de la mayor parte de la descomposición y la generación de calor.

Los actinomicetos, que otorgan el olor característico del suelo, son bacterias filamentosas semejantes a los hongos. En el compostaje juegan un papel muy importante en la degradación de los compuestos orgánicos complejos tales como celulosa, lignina, quitina y las proteínas.

Los hongos incluyen mohos y levaduras, y en su conjunto son responsables de la descomposición de los compuestos vegetales complejos en el compost.

## ¿CUÁLES SON LOS FACTORES A TENER EN CUENTA PARA UN BUEN COMPOSTAJE?

El tratamiento aeróbico de residuos orgánicos es un proceso de múltiples etapas y muy complejo y la eficiencia del mismo depende de varios factores.

## PARÁMETROS QUÍMICOS

### Relación Carbono: Nitrógeno (C:N)

Son muchos los elementos necesarios para la descomposición microbiana, pero el carbono (C) y el nitrógeno (N) son los más importantes. En promedio la proporción en que son requeridos es de 15 partes de C a 1 parte de N. Ambos elementos se hallan en todos los desechos orgánicos, sin embargo, esa relación C:N no se encuentra en cualquier fuente orgánica, y tampoco todo el carbono o el nitrógeno presente en los materiales está disponible fácilmente para los microorganismos.

Para proporcionar las cantidades óptimas de ambos elementos es necesario conocer su relación en cada uno de los materiales que se emplearán para el compostaje. La relación de partida que se recomienda es de alrededor de 30:1, que en cierta forma asegura que no haya ni exceso ni deficiencia de nitrógeno.



Figura 1 - Procesos que se producen en el compostaje.

Esa relación se consigue mediante la combinación de diversas materias primas en que las concentraciones de carbono y nitrógeno son conocidas. A medida que se produce el compostaje, la relación C:N disminuye gradualmente desde 30:1 a entre 10 y 15:1 para el producto terminado.

### Oxígeno

En condiciones aeróbicas, la degradación biológica de sustratos ricos en carbono orgánico se caracteriza por el consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono, agua y calor como ya fue esquematizado. Por ello el oxígeno es otro ingrediente esencial para el éxito de compostaje; sin suficiente oxígeno el proceso se convertirá en anaerobio, el objetivo del proceso no se alcanzará, se perderá nitrógeno y se liberarán gases al ambiente con la producción de olores indeseables.

### Nutrientes

Niveles suficientes de macroelementos (fósforo, calcio, potasio, etc.) y microelementos (hierro, boro, cobre, etc.) son esenciales pues estimulan la actividad microbiana y catalizan numerosas reacciones bioquímicas.

### pH

El nivel de acidez o alcalinidad que se da en el proceso de compostaje es importante, si bien el proceso tiene lugar en un amplio rango de valores de pH. Se considera que los valores adecuados para la mezcla de partida se encuentran en el rango entre 5,5 y 8,0.

## PARÁMETROS FÍSICOS

### Temperatura

La temperatura de la biomasa es el parámetro del proceso de compostaje más comúnmente utilizado para describir la evolución y el estado del mismo, al tiempo que permite un fácil seguimiento del proceso.

### Tamaño de partícula

La actividad microbiana se produce generalmente en la superficie de las partículas orgánicas, por lo que la disminución del tamaño de las mismas fomenta la actividad de los microorganismos y aumenta la velocidad de descomposición. Pero por otro lado, si las partículas son demasiado pequeñas y compactas la circulación de aire en la pila se dificulta, con la posible reducción del oxígeno disponible para los microorganismos y la consiguiente reducción de su actividad.

### Humedad

El agua es un elemento esencial para la sobrevivencia de los microorganismos más activos en el proceso de compostaje, considerándose óptimo para el proceso un contenido de humedad de 50-60%.

## DESARROLLO DEL COMPOSTAJE

El proceso de compostaje, especialmente cuando se lleva a cabo en el modo más tradicional de pilas o hileras, puede ser dividido en dos fases que se caracterizan básicamente por la variación de temperatura.

### Primera Fase: Descomposición de la materia orgánica (fase termófila)

El proceso de compostaje comienza tan pronto como el sustrato orgánico es preparado correctamente y se coloca en pilas. En ese momento prevalece la temperatura ambiente, pero tan pronto las bacterias comienzan a consumir los elementos de la mezcla fácilmente oxidables (azúcares, ácidos orgánicos, aminoácidos), la temperatura se eleva. Esta fase exotérmica (que desprende calor), también denominada fase termófila o de alta velocidad, puede durar varias semanas y, a veces, más de un mes. Ello está en función de las características del sustrato, la tecnología utilizada para el compostaje, y de las condiciones operativas y ambientales.

Esta etapa también es muy importante pues permite alcanzar los siguientes objetivos:

- Saneado del producto, como resultado de la destrucción de microorganismos patógenos, la que se alcanza con temperaturas por encima de los 55 °C.
- Desactivación de las semillas de malezas y plantas parásitas en el entorno de los 60 °C.

No es recomendable que durante la etapa termófila la temperatura exceda los 70-75 °C pues la mayoría de las especies de microorganismos no puede sobrevivir, con la consiguiente desactivación del proceso de descomposición.

### Segunda Fase: Maduración o curado

Luego de la fase termófila, la temperatura del compost desciende y no es posible restaurarla. En este punto, la descomposición es asumida por los microorganismos mesófilos (los que tienen óptimo desarrollo entre los 15 y 35 °C) y se convierte en un largo proceso de "curado" o maduración. Aunque la temperatura del compost está próxima a la ambiental, las reacciones bioquímicas se siguen produciendo para conformar un producto final más estable y adecuado para su uso en las plantas.

Como los compuestos fácilmente degradables son metabolizados durante la primera fase del compostaje – creando una falta de alimentos y eventualmente la muerte de una parte importante de los microorganismos – en esta etapa el proceso de descomposición se traslada a las moléculas orgánicas más complejas, tornándose en un proceso muy lento.

Los actinomicetos, que aparecen activamente en la fase mesófila, degradan el almidón, la celulosa y la lignina,



**Figura 2** - Sistema de compostaje a campo en pila o hilera.  
 (a) Pila estática con aireación forzada.  
 (b) Pila estática con volteo manual o mecánico.  
 (c) Volteo con tractor con pala frontal.  
 (d) Volteo con compostador.

compuestos indispensables para la síntesis de las sustancias húmicas.

Al final de la segunda fase del proceso el compost está maduro y estabilizado.

### SISTEMAS DE COMPOSTAJE

El primer sistema de compostaje fue fundamentalmente estático, en pilas o hileras, con volteo periódico de la biomasa con el fin de mantener los procesos microbianos aeróbicos. A mediados del siglo XX el compostaje se realizaba al aire libre, en grandes hileras con un limitado número de volteos, conformando largos períodos de maduración.

El incremento exponencial en la generación de residuos, en particular los residuos sólidos urbanos (RSU), y las dificultades para el manejo de la fracción orgánica de los mismos (a menudo más de la mitad en peso), acentuó la importancia del compostaje como un sistema de manejo y valorización de residuos.

El compostaje se comenzó a considerar y se convirtió en un proceso industrial, evolucionando los procesos y tecnologías desde las tradicionales pilas o hileras al aire libre hasta biorreactores completamente cerrados, incluso totalmente controlados y automatizados por computadora.

Durante esa fase de desarrollo del proceso (principios de los años 80), dos nuevas preocupaciones capturaron la atención pública: la degradación ambiental y la colecta separada de la fracción orgánica de los RSU.

En este contexto, el compostaje adquirió dos objetivos principales: 1) la producción de una enmienda de suelo para agricultura y otros usos, 2) la producción de un material suficientemente estabilizado para su disposición final en vertederos. En el primer caso es apropiado hablar de compostaje, en el segundo lo más apropiado es referir a estabilización aeróbica.

El análisis de los diversos sistemas de compostaje es obligatorio iniciarlo en forma general con la división en dos tipos:

Sistemas abiertos, que se llevan a cabo al aire libre o en locales parcialmente cerrados.

Sistemas cerrados, caracterizados por ambientes confinados donde es posible un mayor control de la descarga de gases de la biomasa en compostaje. Éstos son especialmente utilizados en la primera fase del proceso de compostaje.

Algunas de sus ventajas son: menor dependencia del impacto de las condiciones meteorológicas, baja dispersión de la biomasa en el área circundante y reducción de potenciales impactos negativos en el ambiente, principalmente por la posibilidad del manejo de las emisiones gaseosas.

Basado en el tipo de instalación, los sistemas se dividen en: compostaje en hileras y compostaje en reactor.

### Compostaje en pilas o hileras

El sistema en hilera o pila es derivado del proceso básico original de compostaje al aire libre. El material es colocado en pilas o hileras de dimensiones variables, de 1 a 3 metros de altura y de 3 a 8 metros de ancho.

Las dimensiones de la hilera dependen del tipo de material a ser procesado y del sistema utilizado para mantener el oxígeno de la biomasa. Respecto a la forma, se recomienda la pila con una sección transversal en forma de un triángulo truncado, o trapezoidal, que implica un método más práctico y minimiza los requerimientos de espacio para el compostaje.

Se puede dividir el sistema de compostaje en pilas en base al método de provisión de oxígeno a la biomasa en:

### Compostaje en Pilas Estáticas

Solo determinados tipos de biomasa se prestan al compostaje estático, aquellos en los que no es necesario recurrir al volteo o alguna otra forma de aireación forzada, ya que las características del mismo permite que la convección natural de aire se vea limitada sólo en una pequeña parte del volumen total de la pila.

### Compostaje en Pilas Estáticas Aireadas

La aireación se logra mediante la introducción de flujo de aire a través del material utilizando uno o más ventiladores que operan bajo presión negativa o positiva.

### Compostaje en Pilas con Volteo Mecánico

Desde los inicios y por muchas décadas, el método más simple y adoptado para el volteo de las pilas de compostaje ha sido el de "pala frontal". Todavía se utilizan extensamente en sistemas de pequeña escala en el procesamiento de residuos agrícolas y estiércol animal.

En los procesos de mayor escala e industrializados, la "pala cargadora frontal" se ha ido sustituyendo progresivamente por equipos diseñados especialmente para la aireación y/o volteo mecánico de la biomasa, en una amplia diversidad de sistemas, diseños y dimensiones.

### Compostaje en biorreactor

Un biorreactor es una estructura cerrada, rígida o "tambor" utilizado para contener el material a someter a tratamiento biológico. Se usa generalmente para la primera fase del compostaje que requiere mayor atención y control que la segunda fase.

En función de las diferencias estructurales, las plantas de compostaje pueden ser divididas en: sistemas de operación continua y sistemas de operación discontinua.

En los primeros el material o mezcla para compostar se carga en forma continua; en los segundos, la carga de mezcla se realiza después de que el material procesado se descarga del biorreactor.

En función de la presencia o ausencia de movimiento del material dentro del biorreactor, se realiza una clasificación adicional en: biorreactor estático y biorreactor dinámico.

## BENEFICIOS DEL COMPOSTAJE Y SU PRODUCTO (EL COMPOST)

### MEJORA DE SUELO

Añade materia orgánica • Incrementa su fertilidad y productividad • Mejora la retención de agua Favorece el desarrollo vegetal • Reduce las necesidades de fertilizantes

### RESTAURACIÓN DEL PAISAJE

Ayuda a la reforestación • Ayuda a restaurar hábitats naturales • Ayuda a recuperar espacios mineros y canteras • Ayuda a recuperar zonas húmedas dañadas • Ayuda a prevenir la erosión

### PREVIENE LA CONTAMINACIÓN

Reduce la producción de metano en los vertederos de disposición final • Reduce o transforma la materia orgánica • Reduce o transforma los lodos de las plantas depuradas

### CONTRIBUYE A LA DECONTAMINACIÓN

Degrada determinadas sustancias tóxicas • Retiene metales pesados Limpia el aire contaminado

### DESTRUCCIÓN DE PATÓGENOS

Elimina los microorganismos patógenos del ser humano y animales • Elimina las semillas de las malas hierbas • Elimina los patógenos y parásitos de los vegetales

### AHORRO DE DINERO

Reduce las necesidades de agua, fertilizantes y plaguicidas • Se puede comercializar como un producto • Alarga la vida de los vertederos reduciendo los aportes orgánicos Se puede utilizar para restauración de suelos degradados