

Manuales FIA de Apoyo a la  
Formación de Recursos Humanos  
para la Innovación Agraria

# El compostaje y su utilización en agricultura



PARA PEQUEÑOS(AS) PRODUCTORES(AS) DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA

  
GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACIÓN PARA LA  
INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

UNIVERSIDAD  
DE LAS AMERICAS  
Laureate International Universities®



---

**Manuales FIA de Apoyo a la Formación de  
Recursos Humanos para la Innovación Agraria**

---

**PARA PEQUEÑOS(AS) PRODUCTORES(AS) DE LA AGRICULTURA FAMILIAR CAMPESINA**

# **El compostaje y su utilización en agricultura**



GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACIÓN PARA LA  
INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

UNIVERSIDAD  
DE LAS AMERICAS  
Laureate International Universities®

MANUAL

**El compostaje y su utilización en agricultura**

Dirigido a pequeños(as) productores(as) pertenecientes  
a la Agricultura Familiar Campesina

Registro de Propiedad Intelectual N° 168.567

ISBN N° 978-956-7874-70-5

Santiago, Chile  
Diciembre de 2007

Fundación para la Innovación Agraria-Universidad de Las Américas

AUTORES:

**Jorge O’Ryan Herrera**

Ingeniero Agrónomo,  
Profesor Universidad de las Américas

**M. Olivia Riffo Prado**

Ingeniero Agrónomo,  
Profesor Universidad de las Américas

COLABORADORES:

**Mónica Ozores-Hampton**

Ingeniero Agrónomo PH. D.,  
Investigador asociado University of Florida/IFAS/SWFREC

**Ingeborg Spuler Lazcano**

Ingeniero Agrónomo,  
Profesor Universidad de las Américas

DISEÑO GRÁFICO

Guillermo Feuerhake

CORRECCIÓN

Óscar Aedo I.

IMPRESIÓN

Salviat Impresores

Se autoriza la reproducción parcial de la información aquí contenida,  
siempre y cuando se cite esta publicación como fuente.

---

# Contenidos

Prólogo.....	5
Introducción .....	7
<hr/>	
CAPÍTULO I.	
<b>Agricultura y producción limpia</b>	
1. Producción agrícola y contaminación .....	9
2. Producción limpia.....	10
<hr/>	
CAPÍTULO II.	
<b>Principios y proceso de compostaje</b>	
1 Proceso de compostaje.....	13
2 Materiales y mezclas utilizadas para compostaje .....	18
3. Métodos de compostaje.....	21
4. Manejos para la producción de compost .....	23
5. Madurez y calidad del compost.....	26
<hr/>	
CAPÍTULO III.	
<b>Usos y aplicaciones de compost en la agricultura</b>	
1. Beneficios de la utilización de compost en agricultura .....	27
2. Principales usos del compost en la agricultura .....	27
<hr/>	
<b>Anexos</b> .....	31
Anexo 1. Etapas a seguir para la producción de compost en un predio a pequeña escala.....	31
Anexo 2. Problemas frecuentes durante el proceso de compostaje.....	33
<hr/>	
<b>Bibliografía</b> .....	34
<hr/>	
<b>Glosario</b> .....	35
<hr/>	



---

# Prólogo

En el esfuerzo permanente por fortalecer la agricultura del país como una actividad fundamental no sólo desde el punto de vista económico, sino también desde la perspectiva de un desarrollo territorial socialmente justo y ambientalmente sustentable, la innovación ha tomado una importancia creciente en las políticas sectoriales y en la gestión del Ministerio de Agricultura. En concordancia con ello, se han redoblado también los esfuerzos de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), en su objetivo de impulsar la innovación en las distintas actividades de la agricultura del país.

En este sentido, se ha entendido que el fortalecimiento de los procesos de innovación tecnológica requiere fortalecer también las capacidades de todas las personas que intervienen en dicho proceso. Así, la Fundación para la Innovación Agraria, a través de sus iniciativas de formación, ha orientado una parte de sus esfuerzos en financiar la ejecución de diversos cursos, para distintos públicos objetivos, en una amplia gama de temas productivos vinculados con el sector.

Específicamente, durante el año 2006, FIA llevó a cabo la ejecución de cursos dirigidos a profesionales, técnicos, profesores de Liceos Técnicos Profesionales de especialidad agropecuaria, y representantes de la Agricultura Familiar Campesina. Como resultado de estos cursos se elaboraron diversos manuales, en temas tan diversos como producción ovina, compostaje, elaboración de queso, producción de flores y manejo de agua en frutales.

La Fundación para la Innovación Agraria, consciente de la importancia que tiene para los actores del sector agrícola nacional acceder a información de calidad sobre diversos temas, se propuso editar, publicar y distribuir los manuales elaborados en el marco de los cursos de formación realizados el año 2006.

Específicamente, los manuales que FIA pone a disposición de los actores del sector agrícola son los siguientes:

1. Manual dirigido a profesionales y técnicos:

- “Producción ovina: desde el suelo a la gestión”

2. Manuales dirigidos a productores pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina:

- “Manejo de agua en frutales”
- “Utilización de leche de vaca, cabra y oveja en la pequeña empresa”
- “Elaboración de queso chanco en la pequeña empresa”
- “El compostaje y su utilización en agricultura”
- “Producción de flores cortadas, V Región”
- “Producción de flores cortadas, IX Región”

3. Manuales dirigidos a profesores de la enseñanza media técnico profesional de especialidad agropecuaria:

- “Manejo de agua en frutales”
- “Producción ovina”
- DVD complementario al manual de “Producción ovina”
- DVD “Metodología de la enseñanza de técnicas de elaboración de queso chanco”

Finalmente, es importante señalar que estos manuales estarán disponibles para consulta en cada uno de los Centros de Documentos que FIA tiene en el país, y que también será posible acceder a ellos a través del sitio web de la Fundación.



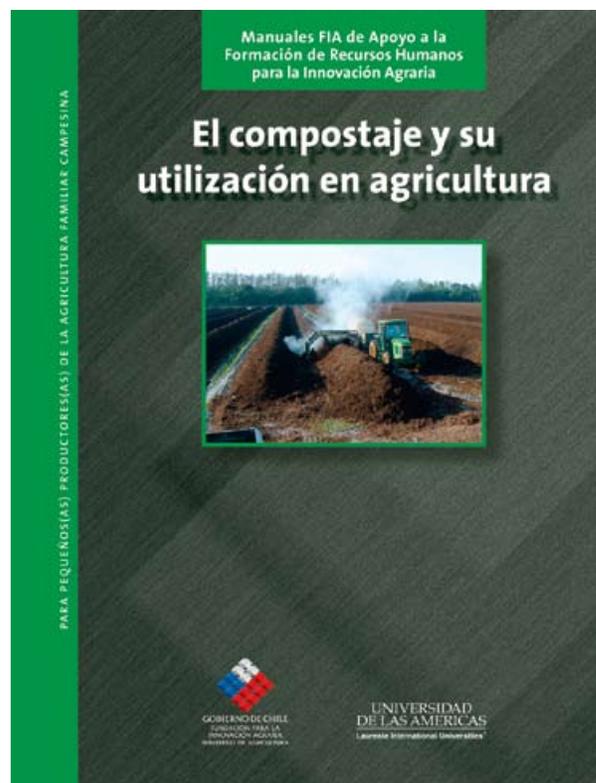
# Introducción

Los grandes volúmenes de desechos producidos por diversas actividades, ya sea agrícola, forestal, industrial o doméstica son considerados como un problema en la actualidad. Sin embargo existen diversas alternativas para reciclar la gran mayoría de estos desechos. El compostaje se puede considerar como una forma de aprovechamiento simple y de bajo costo, como también una tecnología ambiental para convertir estos residuos en un producto de alta calidad, logrando reducir el efecto contaminante y a la vez permitir su reutilización en la agricultura.

El compostaje es una técnica que se ha practicado desde hace mucho tiempo y se puede definir como un proceso biológico mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia rápidamente biodegradable (restos de cosecha, excrementos de animales y residuos urbanos), permitiendo obtener un producto final homogéneo, conocido como compost.

El compost puede ser utilizado como enmienda orgánica en el suelo, con el objeto de mejorar la estructura de éste, aumentar su capacidad de retención de agua, eliminar patógenos y aumentar la fertilidad de los suelos. Además puede ser utilizado como sustrato para la producción de plantas, entre otros usos.

En la actualidad el aprovechamiento agrícola de residuos orgánicos de distintos orígenes es una práctica habitual en numerosos países. El interés por utilizarlos ha ido aumentando debido a las nuevas tendencias ecológicas y a las elevadas cantidades de estos materiales que se generan en los procesos agrícolas, agroindustriales y urbanos, entre otros. De ahí el interés de reciclarlos para utilizarlos de la manera más económica.





# CAPÍTULO I. Agricultura y producción limpia

## 1. Producción agrícola y contaminación

La agricultura constituye una actividad de gran importancia para la vida humana, ya que todos los alimentos consumidos por el hombre provienen de la naturaleza. Al igual que todas las actividades humanas, la agricultura genera contaminación del entorno.

Esta se deriva principalmente de las técnicas que existen para desmalezar los predios y prepararlos para la siembra siguiente o la eliminación de residuos como frutas y verduras en descomposición al igual que los materiales de uso para invernaderos, soportes de cultivos, etc.

Los productos agroquímicos, como fertilizantes nitrogenados y los pesticidas son compuestos altamente persistentes en el ambiente, produciendo un gran impacto sobre los recursos naturales.

Los fertilizantes, si se utilizan racionalmente, no son el principal problema de contaminación, en cambio los pesticidas son mucho más peligrosos. Existen estimaciones en EE.UU., que demuestran que menos del 1% de los plaguicidas aplicados llegan efectivamente a combatir la plaga deseada, pero el resto, el 99%, se disemina en el ambiente contaminando, y de forma incontrolada, campos, bosques y ríos.

Un uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados contribuiría de una manera significativa al calentamiento de la atmósfera por la liberación de dióxido de carbono, y contaminación de las aguas subterráneas, ríos y lagos por acumulación de nitratos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNMUA) advierte que los productos agroquímicos no se degradan fácilmente y perduran por muchos años en el ambiente afectando a los procesos reproductivos y de desarrollo, provocando daños neurológicos e inmunológicos en los humanos y en otras especies animales.

La fumigación de grandes extensiones de campos mediante avioneta provoca que estos productos contaminantes queden suspendidos en el aire y sean llevados por los vientos a grandes distancias. Para purificar el aire lo mejor es una buena lluvia, ya que ésta arrastra los contaminantes hacia el suelo, ríos y lagos. Sin embargo estos contaminantes no desaparecen, solamente cambian de lugar.

El número de especies resistentes a los plaguicidas va aumentando de manera muy importante mientras que la tasa de crecimiento de nuevos insecticidas introducidos es cada vez menor.

La quema de rastrojos y basuras en los campos es otra de las actividades agrícolas que producen contaminación en el aire. Las sustancias generadas en estas quemaduras son principalmente monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles COVs, en menor medida material particulado PM10 y óxidos de nitrógeno NOx, las que si bien en volumen no se pueden comparar con lo que producen las industrias o el transporte, sí son importantes ya que se emiten, en su mayoría, durante los meses en los cuales las condiciones para la ventilación de la cuenca de Santiago son menos favorables.

La erosión y sedimentación causadas por actividades humanas constituyen un problema mundial que suele estar especialmente asociado a la agricultura. Si bien no hay cifras mundiales, es probable que la agricultura, en sentido amplio, sea la causante en gran medida del aporte de sedimentos a los ríos, lagos, estuarios y, finalmente, a los océanos.

La contaminación provocada por los sedimentos tiene dos dimensiones principales:

- **Dimensión física:** pérdida de la capa arable del suelo y la degradación de la tierra como consecuencia de la erosión laminar y por cárcavas, que dan lugar a niveles excesivos de turbidez en las aguas receptoras y a repercusiones ecológicas y físicas en lugares alejados, lechos de ríos y lagos, en donde se produjo la depositación.
- **Dimensión química:** la parte de los sedimentos constituida por limo y arcilla es transmisora primaria de productos químicos adsorbidos, especialmente fósforo, plaguicidas clorados y la mayor parte de los metales, que son transportados por los sedimentos al sistema acuático.

La erosión representa también un costo neto para la agricultura en cuanto que significa una pérdida de tierra productiva, así como de nutrientes y materia orgánica que deben sustituirse con fertilizantes, lo que obliga al agricultor a efectuar considerables desembolsos si desea mantener la productividad del suelo.

**Los sedimentos, en cuanto contaminantes físicos** producen en las aguas receptoras los siguientes efectos principales:

- Los altos niveles de turbidez limitan la penetración de la luz solar en la columna de agua, lo que restringe o impide el crecimiento de algas y plantas acuáticas. En los ríos que son zonas de desove, los lechos de grava están cubiertos por sedimentos finos que dificultan el desove de los peces. En ambos casos, el resultado es la perturbación del ecosistema acuático debido a la destrucción del hábitat.
- Los altos niveles de sedimentación en los ríos dan lugar a la perturbación física de las características hidráulicas del cauce. Ello puede tener graves efectos en la navegación, por la reducción de la profundidad, y favorecer las inundaciones, por la reducción de la capacidad del flujo de agua en la cuenca de drenaje.

### ***Los sedimentos, en cuanto a contaminantes químicos***

Los productos químicos orgánicos asociados con los sedimentos ingresan en la cadena alimentaria de diversas maneras. Los sedimentos son ingeridos directamente por los peces; no obstante, más normalmente, los sedimentos finos (en particular, la parte de carbono) constituyen el suministro alimentario de los organismos bénticos (que habitan en el fondo) que, a su vez, sirven de alimento para organismos superiores.

Por último, los compuestos tóxicos se acumulan biológicamente en peces y otros depredadores superiores. Así los plaguicidas transportados desde la tierra como parte del proceso de escorrentía y erosión pueden llegar al hombre.

### ***Principales residuos factibles de ser reutilizados***

Existen diversos residuos factibles de ser reutilizados, tales como:

- Fuentes de materiales ricos en carbono: Aserrín de madera, ramas y hojas verdes de arbustos y forrajes de animales, desechos de maíz, cortes de mazorcas, rastrojos de cultivos de cereales (arroz, trigo, cebada), basuras urbanas, desechos de cocina.
- Fuentes de materiales ricos en nitrógeno: Estiércoles de diversos animales, residuos de mataderos, residuos de cultivos frescos.
- Fuente de materia mineral: Cal agrícola, roca fosfórica, ceniza vegetal, tierra común, agua.

## **2. Producción limpia**

La producción limpia se define como una estrategia de gestión ambiental preventiva aplicada a las actividades productivas, con el objeto de incrementar la eficiencia, la productividad, reducir los riesgos y minimizar los impactos para el ser humano y el medio ambiente.

Esta aborda principalmente las emisiones generadas por los procesos productivos (sólidas, líquidas, gaseosas y ruidos) y las condiciones laborales; es aplicable a sectores productivos como extracción de materias primas, industria manufacturera y agricultura, entre otros.

La producción limpia se refiere a una mentalidad de cómo se producen los bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental con las tecnologías actuales. En este contexto, los desechos son considerados un producto con un valor económico negativo. Cada acción tendiente a reducir el consumo de materias primas y energía, y prevenir o reducir la generación de desechos, puede aumentar la productividad y traer el consecuente beneficio económico a la empresa.

La diferencia clave entre el control de la contaminación y la producción limpia es el tiempo. El control de la contaminación es una acción postevento, (efecto de acción y reacción). La producción limpia es un concepto que involucra una visión de anticipación de los hechos, una estrategia de anticipación y prevención de impactos en el medio ambiente.

En la agricultura, la producción limpia consiste en una forma de producción intermedia entre la agricultura tradicional y otras más exigentes como la agricultura integrada y la producción orgánica.

La producción limpia se basa en la implementación de cinco acciones, las que pueden realizarse en conjunto o por separado, estas son:

- Minimización y consumo eficiente de insumos, agua y energía.
- Minimización del uso de insumos tóxicos.
- Minimización del volumen y toxicidad de todas las emisiones que genere el proceso productivo.
- Reciclaje de la máxima proporción de residuos en la planta y si no, fuera de ella.
- Reducción del impacto ambiental de los productos en su ciclo de vida (desde la planta hasta su disposición final).

La implementación de medidas de producción limpia al interior de una empresa, cualquiera sea su tamaño, significa básicamente establecer prácticas preventivas tendientes a reducir la generación de residuos y emisiones, utilizar en mejor forma los recursos disponibles y mejorar la calidad de la producción.

Las tecnologías limpias están orientadas tanto a reducir como a evitar la contaminación, modificando el proceso y/o el producto. La incorporación de cambios en los procesos productivos puede generar una serie de beneficios, entre los que se encuentran:

- Ahorro de materias primas
- Ahorro de energía (electricidad, combustible, etc.)
- Ahorro en el consumo de agua.
- Reducción de las pérdidas de materiales.
- Reducción de accidentes.
- Mayor accesibilidad a los mercados con sensibilidad ambiental.
- Reducción de riesgos.

## **HERRAMIENTAS DE PRODUCCIÓN LIMPIA**

### ***Buenas Prácticas Agrícolas***

Se entenderá como BPA a todas las acciones involucradas en la producción, procesamiento y transporte de productos alimenticios de origen agrícola y pecuario orientadas a asegurar la protección de la higiene y salud humana y del medio ambiente mediante métodos ecológicos más seguros, higiénicamente aceptables y económicamente factibles

### ***Principios Relativos a Buenas Prácticas Agrícolas***

#### **a. Principios relativos a la inocuidad de los alimentos.**

Las Buenas Prácticas Agrícolas tienen por objeto minimizar los riesgos biológicos, físicos y químicos que puedan contaminar a frutas frescas y hortalizas en cada uno de los distintos niveles que conforman la cadena productiva.

- **El riesgo biológico**

Está asociado a la contaminación de microorganismos transmitidos por los alimentos como las bacterias, los

virus y los parásitos (FAO, 1998). Algunos hongos son capaces de producir toxinas y también se incluyen en este grupo de riesgos.

La superficie de frutas y hortalizas puede contaminarse con microorganismos patogénicos debido al contacto con suelo, agua, abono, líquidos residuales, aire, personas y animales.

- **Los riesgos químicos**

En frutas y hortalizas frescas pueden existir de forma natural o pueden añadirse durante la producción agrícola, la manipulación, post-cosecha o las operaciones de otras unidades (FAO, 1998).

La presencia de sustancias químicas nocivas a altos niveles ha sido asociada con respuestas tóxicas agudas y con enfermedades crónicas.

La contaminación química natural puede ser con Alergenos (por ejemplo malezas), toxinas de hongos, fitohemaglutinina, y alcaloides.

- **Los riesgos físicos**

Pueden introducirse en los productos de frutas y hortalizas frescas en numerosos puntos de la cadena de producción. La presencia de materiales extraños en los productos agrícolas puede provocar enfermedades y lesiones graves.

Estos riesgos físicos pueden ser resultado de malas prácticas durante las operaciones de cosecha, lavado, clasificación y embalaje (FAO, 1998). La suciedad y las materias extrañas en las frutas y hortalizas se incluyen en muchos casos entre las principales barreras para el comercio internacional.

#### **b. Principios relativos al Medio Ambiente**

Las Buenas Prácticas Agrícolas promueven el desarrollo de una agricultura sustentable mediante la minimización del impacto negativo de la producción en el medio ambiente. Para tales efectos las Buenas Prácticas deben estar orientadas a la protección de la biodiversidad, fertilidad y protección contra la erosión de los suelos.

También deben estar orientadas a reducir la contaminación de los espacios naturales (suelo, aire, agua), racionalizando el manejo de productos químicos, fertilizantes y desechos orgánicos e inorgánicos en cada una de las distintas etapas del proceso productivo y de distribución.

### **c. Principios relativos a la seguridad y bienestar de los trabajadores**

Las Buenas Prácticas Agrícolas deben estar orientadas a asegurar (durante todas las actividades relacionadas, directa o indirectamente con la producción, elaboración, transporte y distribución de alimentos agropecuarios) la implementación de medidas de prevención necesarias para que las personas desempeñen sus labores en condiciones de seguridad y bienestar.

Estos objetivos tienen elementos importantes de prevención de riesgos como medidas necesarias para que los trabajadores no sufran daños por intoxicación y contaminación por mal manejo de sustancias peligrosas, accidentes por mal uso o desconocimiento del uso de equipos y por último con respecto al bienestar de los trabajadores, las condiciones de trabajo deben ser las adecuadas para que éstos desempeñen bien la labor para la cual fueron contratados.

## CAPÍTULO II.

# Principios y proceso de compostaje

## 1. Proceso de compostaje

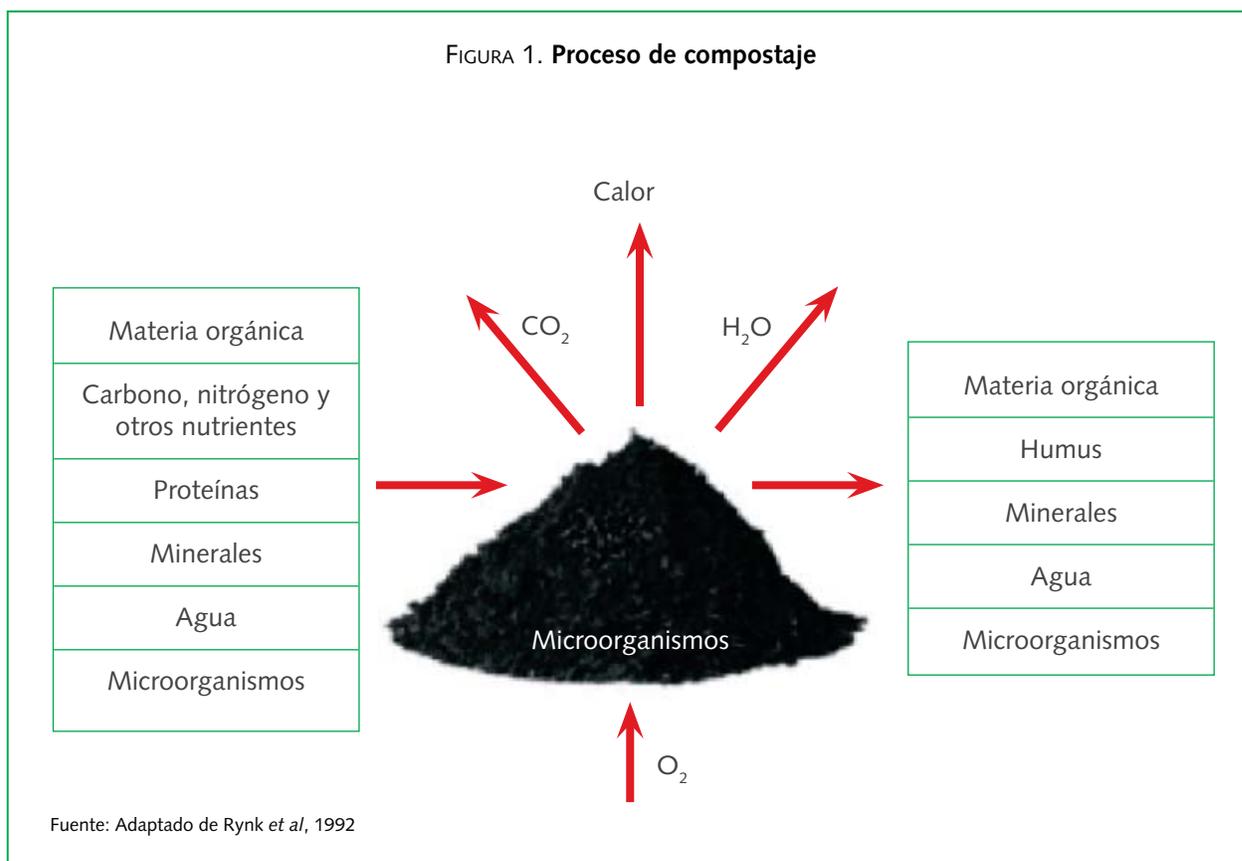
El proceso de compostaje se puede definir como la oxidación biológica de residuos orgánicos en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación, realizado por microorganismos. Estos utilizan el carbono y nitrógeno disponibles en los residuos, liberando energía y producen a través de una serie de reacciones bioquímicas agua, dióxido de carbono, humus y sales minerales. (Figura 1).

El producto final de este proceso se conoce como compost y puede ser utilizado como enmienda orgánica en el suelo, con el objeto de mejorar sus propiedades físicas, químicas y biológicas tales como aireación, retención de humedad, estructura entre otras, suprimir patógenos y de este modo mejorar el crecimiento de las plantas.

## Ventajas y desventajas del compostaje

### Ventajas

- Es un sistema de reciclaje, con una útil revaloración del residuo.
- Optimiza los recursos existentes en cada zona al aprovechar los residuos que se producen en ella.
- Reducción de volumen de los residuos.
- Ahorro económico en abonos químicos.
- Producto comercializable.
- Aumenta la vida en el suelo, ya que estimula su actividad biológica.
- Fácil de preparar y ocupa poco espacio, si se realiza a pequeña escala.
- Bajo costo, solo requiere mano de obra para su confección, si se realiza a pequeña escala.
- Disminuye las necesidades de materia orgánica de los suelos y contribuye a su recuperación.

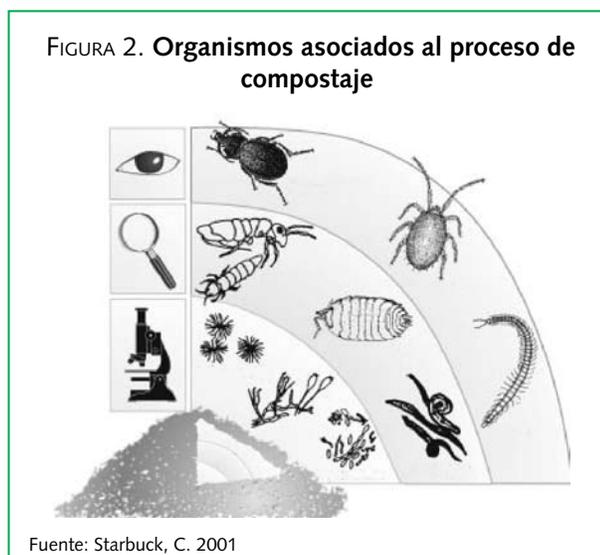


## Desventajas

- Para realizarlo a nivel comercial se requiere de alta inversión inicial
- Disponibilidad de terreno
- Contaminación al medio ambiente (metales pesados, olores y otros), según material de origen compostaje.

## Organismos asociados al compostaje

Durante las etapas del proceso de compostaje actúan diferentes tipos de microorganismos de acuerdo a las condiciones de temperatura, humedad, oxígeno y pH dentro de la pila (Figura 2).



Los organismos que participan en la transformación y degradación de los residuos en el proceso de compostaje son macroorganismos como gusanos, ácaros, lombrices, ciempiés, escarabajos, entre otros, además de los microorganismos, entre los que se encuentran bacteria, hongos y actinomicetes.

## Macroorganismos

Participan en la trituración de los distintos residuos y cumplen la función de romper y disgregar los materiales, ayudando así a que tengan una mayor superficie de contacto facilitando la acción de los microorganismos.

Entre estos organismos se encuentran gusanos, lombrices, ácaros y arañas, ciempiés, escarabajos y otros.

## Microorganismos

Los microorganismos responsables del proceso de compostaje degradan un amplio rango de compuestos desde proteínas y carbohidratos complejos a aminoácidos y azúcares simples. Su presencia y acción están condicionadas por las condiciones físicas y químicas de la pila.

La temperatura es uno de los factores más importantes que influyen en la proliferación y sobrevivencia de éstos.

## Tipos de microorganismos

### • Bacterias

Son los microorganismos más pequeños y numerosos que participan en el proceso de compostaje.

Las bacterias son las principales responsables de la descomposición y de la generación de calor en la pila.

De acuerdo a las temperaturas en las cuales actúan, se pueden clasificar en mesófilas y termófilas. Las bacterias mesófilas cumplen un rol importante durante la primera etapa de compostaje. Cuando las temperaturas superan los 40°C comienzan a predominar las bacterias termófilas principalmente del género *Bacillus*.

### • Actinomicetes

Son microorganismos considerados bacterias filamentosas. En el proceso de compostaje son fundamentales en la degradación de compuestos orgánicos complejos como materiales leñosos, paja y aserrín.

Algunas especies de actinomicetes aparecen durante la etapa termófila y otras son más importantes durante la etapa de enfriamiento o maduración, cuando sólo quedan en la pila materiales más resistentes de degradar.

### • Hongos

Atacan el material más resistente de degradar como celulosas y ligninas. En el proceso de compostaje son importantes en la etapa de maduración cuando las temperaturas son moderadas y la mayor cantidad de azúcares solubles ha sido degradada.

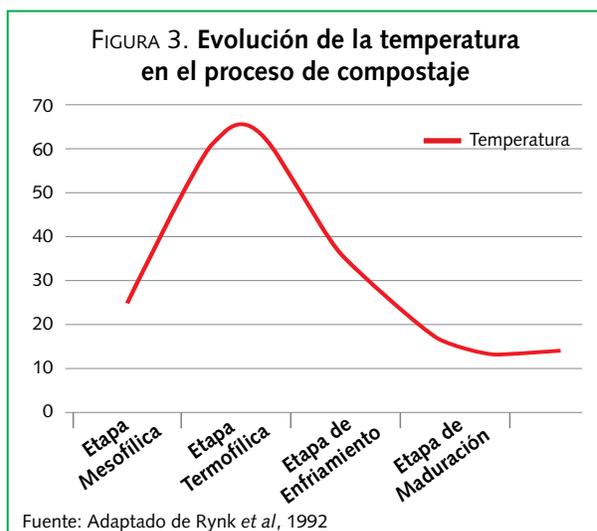
## Biología del proceso de compostaje

El compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, por lo tanto los factores que afecten la actividad microbiana tendrán incidencia directa sobre la transformación y calidad del compost.

Los microorganismos para reproducirse y crecer deben degradar los residuos para formar energía y sintetizar nuevo material celular. La obtención de energía puede ser por medio de la respiración y la fermentación.

En el proceso de compostaje se llevan a cabo una serie de reacciones, las cuales además de liberar energía en forma de calor, forman una serie de compuestos orgánicos que a su vez son utilizados por los microorganismos hasta completar la degradación de los residuos.

Los microorganismos presentes en el compostaje producen una serie de enzimas extracelulares como proteasas, amilasa, lipasa y otras que digieren los materiales insolubles para transformarlos en solubles para ser utilizados finalmente por éstos como nutrientes para su crecimiento.



## Etapas del proceso de compostaje

La transformación microbiana de la materia orgánica en el compostaje es un proceso exotérmico, es decir, genera calor. En el proceso de compostaje, la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo con este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en 4 etapas: mesófila, termófila, de enfriamiento y maduración (Figuras 3 y 4).

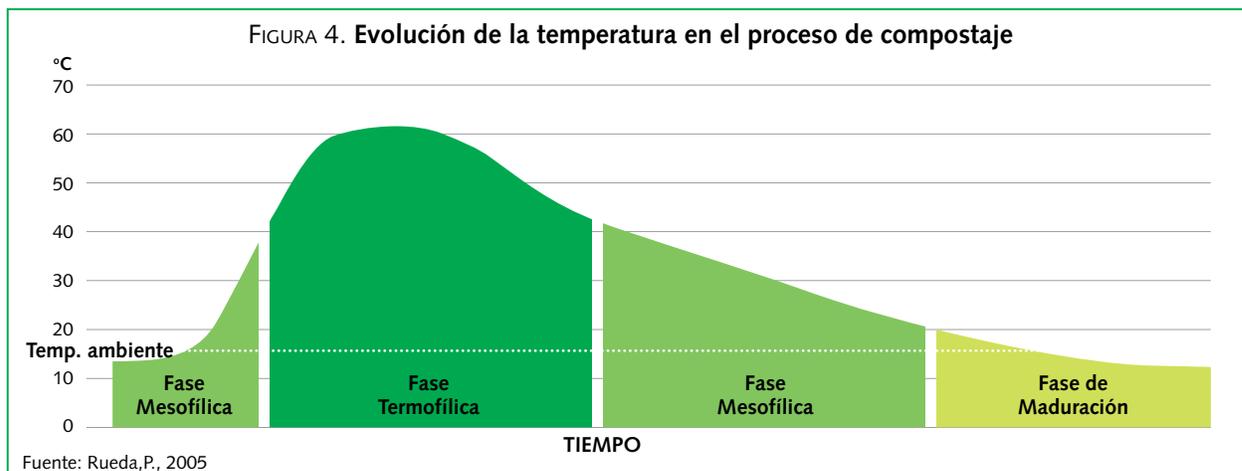
- **Fase I o Mesófila. (10-40 °C)**

Al comienzo del proceso de compostaje, los residuos se encuentran a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos presentes en los materiales orgánicos empiezan a desarrollarse utilizando hidratos de carbono y proteínas fácilmente asimilables, de esta forma los microorganismos crecen y se multiplican descomponiendo los materiales. Como consecuencia de la actividad de estos microorganismos la temperatura se eleva alcanzando 40 °C en pocos días.

La duración de esta etapa es variable y depende de diversos factores como oxígeno, humedad, relación carbono/nitrógeno y tipo de residuos utilizados.

- **Fase II o Termófila. (40-75 °C)**

La temperatura sigue subiendo hasta alcanzar valores cercanos al 60 a 70 °C y los microorganismos mesófilos son reemplazados otros resistentes a estas temperaturas (termófilos). En un comienzo bacterias y hongos termófilos empiezan a degradar la celulosa y parcialmente la lignina, con lo cual la temperatura aumenta. A partir de los 60 °C, los hongos termófilos cesan su actividad y aumentan los actinomicetos. Durante varios días se mantiene la temperatura alta y disminuye la actividad biológica, se produce la pasteurización del medio, es decir, se destruyen las bacterias patógenas, parásitos presentes en los



residuos y la inhibición de la germinación de semillas de malezas.

En esta etapa se deben realizar frecuentes volteos con el objeto de aportar oxígeno, el que es rápidamente consumido por los microorganismos.

- **Fase III o de enfriamiento**

Cuando prácticamente la totalidad de la materia orgánica se ha transformado, la temperatura empieza a disminuir, ya que el calor que se genera al interior de la pila es menor que el que se pierde. Como consecuencia de este descenso de temperatura bacterias y hongos mesófilos reinvasan el compost y degradan la celulosa y la lignina restantes.

Esta fase se reconoce cuando luego de dar vuelta la pila no existe un aumento de temperatura posterior.

- **Fase IV o de maduración**

Periodo que requiere de un tiempo (meses) a temperatura ambiente en la cual se producen reacciones de condensación y polimerización de humus. En esta etapa además se degradan algunos ácidos orgánicos producidos en la fase termófila, los cuales son fitotóxicos.

### ***Factores que Influyen en el proceso de compostaje***

El compostaje se basa en el proceso biológico realizados por los microorganismos, por esto se ve afectado por todos aquellos factores que influyen en el crecimiento y actividad de estos microorganismos. De este modo se pueden señalar que los principales factores que condicionan el proceso de compostaje son tipo de sustrato (residuos), aireación o presencia de oxígeno, contenido de humedad, pH y relación carbono/nitrógeno. Estos factores condicionan y determinan el desarrollo del proceso y la obtención de un producto final de calidad.

- ***Sustrato***

Los residuos utilizados para la fabricación de compost condicionan la calidad del producto a obtener luego del proceso de compostaje.

Además las características físicas del material influyen en el proceso de compostaje ya que pueden afectar la descomposición y la presencia de oxígeno de la pila. Las principales características que se deben considerar son:

### ***Porosidad***

Está relacionada con la aireación y el movimiento de éste en la pila de compost. Mientras mayor sea la porosidad de la pila, mayor será la aireación.

### ***Tamaño de partículas***

La actividad de los microorganismos ocurre generalmente en la superficie de las partículas, por lo tanto el tamaño de éstas debe ser menor a fin de aumentar la superficie y favorecer la actividad de los microorganismos y la tasa de descomposición. El tamaño ideal de partículas es de 2 a 5 cm.

Además mientras menor sea el tamaño de las partículas, la pila se tiende a compactar los que trae como consecuencia una menor aireación y por ende una menor actividad microbiana, retardando el proceso.

- **Relación Carbono/Nitrógeno**

El carbono y nitrógeno son los elementos más importantes requeridos para la descomposición microbiana ya que estos forman parte fundamental de las proteínas, carbohidratos y lípidos que constituyen los microorganismos.

En forma práctica, la relación carbono/nitrógeno permite conocer la velocidad de descomposición y determinar el tiempo de compostaje, siempre y cuando las condiciones de humedad, aireación y temperatura sean las óptimas.

Para obtener un compost de buena calidad es importante que exista una relación equilibrada entre ambos elementos. Teóricamente una relación carbono/nitrógeno de 25--35 es la adecuada, pero ésta variará en función de las materias primas que conforman el compost.

Si la relación es mayor a 35 no existe suficiente nitrógeno para el crecimiento microbiano por lo cual disminuirá la actividad biológica y por ende se retrasará el proceso. En cambio si es menor a 30 el nitrógeno se encontrará en exceso por lo que puede perderse como amoníaco (NH<sub>3</sub>), lo que traerá como consecuencia olor desagradable.

Es importante realizar una mezcla adecuada de los distintos residuos con diferentes relaciones carbono/nitrógeno para obtener un sustrato equilibrado. En general los residuos animales como guanos, purines, residuos de mataderos, y los materiales verdes y húmedos como cortes de pasto, residuos de frutas y verduras poseen una baja relación carbono nitró-

geno; en cambio los materiales leñosos y secos como hojas secas, aserrín, virutas de madera, papel y otros tienen una alta relación carbono nitrógeno.

- **Humedad**

Los microorganismos necesitan agua como medio para transportar nutrientes y otros elementos, además es determinante en el intercambio gaseoso.

En el proceso de compostaje es importante que la humedad alcance niveles cercanos al 40-60%. Si el contenido en humedad es mayor, el agua ocupará todos los poros y por lo tanto el proceso se volvería anaeróbico (sin oxígeno), es decir, se produciría una putrefacción de la materia orgánica. Si la humedad es excesivamente baja se disminuye la actividad de los microorganismos y el proceso es más lento. El contenido de humedad dependerá de las materias primas empleadas.

En forma manual, se puede testear la humedad de la pila al apretar un poco de compost. Si en la mano aparecen algunas gotas de agua la humedad es óptima, si por el contrario luego de apretar el material este no se disgrega en pequeñas partículas significa que le falta humedad.

- **Aireación**

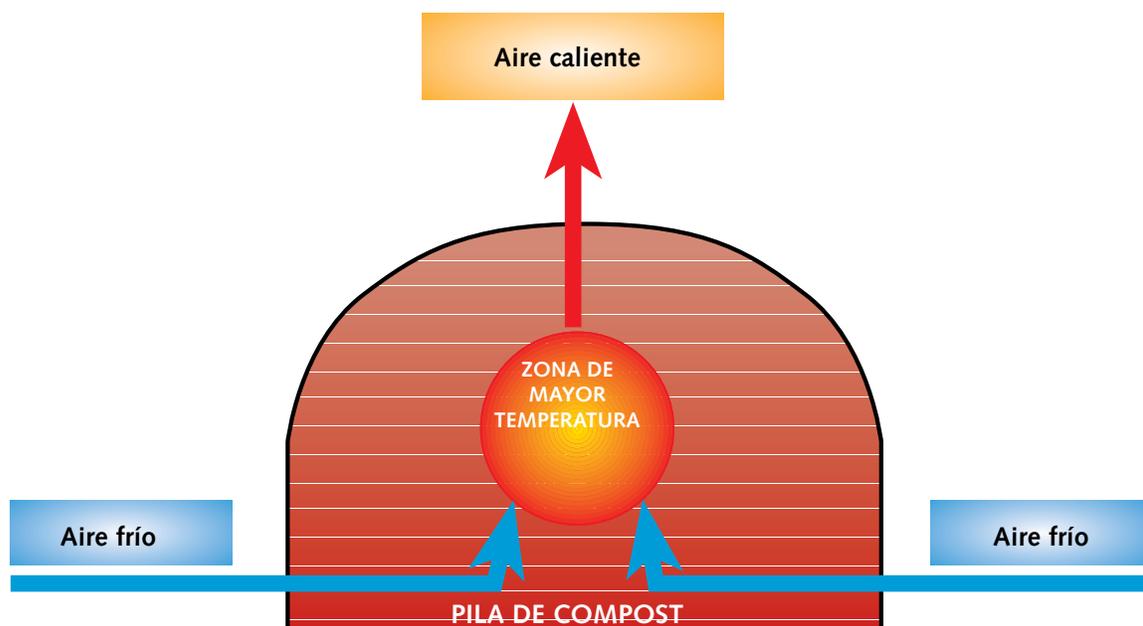
El proceso de compostaje es un proceso aerobio, es decir, necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos, por lo tanto la aireación es un factor importante en el proceso de compostaje ya que el oxígeno es esencial para el metabolismo y la respiración de los microorganismos que participan en él. Figura 5.

La aireación tiene un doble objetivo, primero aportar el oxígeno suficiente a los microorganismos y, segundo, permitir al máximo la evacuación de CO<sub>2</sub> producido.

La concentración de oxígeno debe mantenerse en niveles mayores al 5% para una adecuada actividad de los microorganismos. Por esta razón es común realizar algún manejo para mejorar la aireación de la pila como el volteo.

El volteo tiene como objetivo no sólo aportar oxígeno a la mezcla y permitir la evacuación de dióxido de carbono sino que además mezclar los materiales y soltarlos para evitar la compactación.

FIGURA 5. Movimiento del aire en una pila de compost



Fuente: Adaptado de Rynk et al, 1992

- **Temperatura**

La temperatura en el proceso de compostaje refleja la actividad biológica de los microorganismos (Figura 6).

Las temperaturas alcanzadas durante el proceso están relacionadas con el tamaño de la pila, su contenido de agua y la relación carbono/nitrógeno de la mezcla. Es así como a menor relación carbono/nitrógeno se alcanzan mayores temperaturas.

Es importante controlar la temperatura durante todo el proceso de compostaje ya que así como las altas temperaturas permiten eliminar patógenos, parásitos y semillas de malezas, también pueden eliminar a los microorganismos que realizan el proceso junto con aumentar el riesgo de incendios en la pila.

- **El pH**

El pH influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos, éstos tienen diferentes requerimientos de pH, sin embargo el rango ideal se encuentra entre 6.5 y 8.0.

El pH varía durante el proceso de compostaje, al principio tiende a disminuir debido a la producción de ácidos orgánicos en la etapa mesófila y luego aumenta en la fase termófila. Finalmente el pH disminuye y se estabiliza en la etapa de maduración.

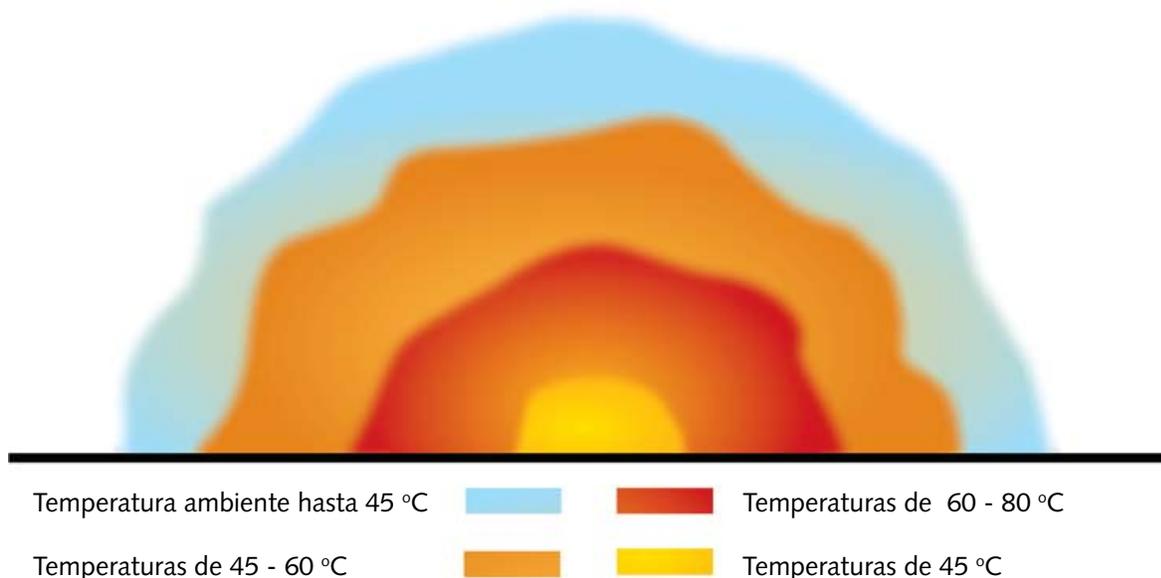
## 2. Materiales y mezclas utilizadas para compostaje

Para la elaboración de compost se puede emplear cualquier tipo de material orgánico siempre y cuando no se encuentre contaminado.

Generalmente se utilizan materiales provenientes de diversas explotaciones agropecuarias y otras actividades. Algunos de estos son:

- Residuos de cultivos. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc. son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc. son menos ricos en nitrógeno.
- Restos de poda. Es necesario triturarlos antes de su incorporación al compost, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Cortes de pastos, malezas u otros.
- Residuos sólidos urbanos. Corresponden al material orgánico de los residuos urbanos como restos de comidas, residuos de casa y otros.
- Estiércol animal. Destacan el estiércol de vacuno y aves, aunque existen otros como estiércol de caballo, de oveja y los purines.

FIGURA 6. Distribución de temperatura en una pila de compost



Fuente: Fernández, F., 2005

- Residuos de explotaciones madereras. Se puede emplear aserrín, virutas de madera y otros, presentan una alta relación C/N.
- Residuos de agroindustrias. Se utilizan principalmente residuos como orujo de uva, residuos de plantas faenadoras de animales y otros.
- Plantas marinas. Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de plantas marinas que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compost ya que son compuestos ricos en N, P, C, y oligoelementos.
- Minerales. Se pueden emplear algunos fertilizantes como urea para bajar la relación C/N, roca fosfórica para incorporar fósforo y otros compuestos.

Los diferentes materiales que se utilizan en el compostaje no reúnen por sí solos todas las características óptimas para un adecuado proceso. Por esta razón es de vital importancia realizar una mezcla de materiales

en proporciones adecuadas a fin de obtener un sustrato con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje (Tablas 1 y 2).

En este punto cabe señalar que el 22 de febrero de 2005 se publicó en el Diario Oficial la Norma Chilena 2880 "Compost - Clasificación y requisitos", elaborado por el Instituto Nacional de Normalización INN.

Usualmente para elaborar las mezclas de materiales a compostar se utilizan distintos métodos entre los que se destacan: la experiencia, el ensayo y error basado en apreciación visual de la mezcla y fórmulas diseñadas para calcular la proporción correctas de materiales. Los dos primeros métodos son bastantes inexactos y pueden llevar a obtener un producto final de baja calidad.

Las fórmulas para calcular la proporción de los materiales a compostar tienen el objetivo de obtener una mezcla con características óptimas para asegurar un adecuado proceso de compostaje y obtener un producto final de calidad.

TABLA 1. Condiciones deseables durante el proceso de compostaje

Características	Rango Razonable	Rango óptimo
Relación carbono/nitrógeno	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Contenido de humedad	40–65%	50–60%
Concentración de oxígeno	Mayor al 5%	Mucho mayor al 5%
pH	5.5–9.0	6.5–8.0
Temperatura	45–66	55–60

Fuente: Graves, R. y Hattemer, G., 2000.

TABLA 2. Composición media y relación C/N de algunos materiales utilizados en el compostaje

Material	Humedad (%)	Nitrógeno (%)	Relación C/N
Residuos de fruta	80	1.4	40
Huesos de aceitunas	8-10	1.2-1.5	30-35
Residuos de vegetales	-	2.5-4	11-13
Residuos de maíz	12	0.6-0.8	56-123
Residuos de tomate	62	4.5	11
Residuos de frutas	80	1.4	40
Residuos matadero	10-78	13-14	3-3.5
Residuos de pescado	76	10.6	3.6
Estiércol de gallina	37	2.7	14
Estiércol de vacuno	81	2.4	19
Estiércol ovino	69	2.7	2.7
Estiércol de caballo	72	1.2	41
Purines	80	3.1	3.1
Maíz de ensilado	65-68	1.2-1.4	38-43
Heno	8-10	2.1	15-32
Paja cereales	12	0.7	80
Residuos papel periódico	3-8	0.06-0.14	398-852
Aserrín	39	0.24	442
Cortes de pastos	82	3.4	17
Hojas	38	0.9	54
Poda de árboles	70	3.1	235-496

Fuente: Adaptado de Rynk *et al*, 1992

Para determinar los kg. de un residuo A necesarios para mezclar por cada kg. de residuo B para obtener una relación C/N determinada se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = \frac{(C \text{ en } 1 \text{ kg de B}) - (\text{relación C/N deseada}) \times (N \text{ en } 1 \text{ kg de B})}{(N \text{ en } 1 \text{ kg de A}) \times (\text{relación C/N deseada}) - (C \text{ en } 1 \text{ kg de A})}$$

Donde:

S = Kg. de residuo A

C = contenido de carbono

N = contenido de nitrógeno

### Ejemplo para los cálculos de las proporciones, contenido de humedad y relación C/N de una mezcla para compostaje en pilas.

(Fuente. On-Farm Composting Handbook).

#### Caso N° 1. Cálculo de la proporción de cada uno de los ingredientes para obtener una humedad adecuada

Si se quiere compostar guano de pollo, que normalmente tiene un contenido de humedad del 70%, una relación C/N de 10 y 6 % de nitrógeno, conviene mezclarlo con materiales que aporten carbono y aseguren una porosidad adecuada como el aserrín que tiene una humedad de 35%, una relación C/N de 500 y 0,11% de nitrógeno.

Primero se debe calcular la proporción de cada uno de los ingredientes para obtener una humedad adecuada (no mayor a 60%).

Para obtener una mezcla de humedad igual al 60%, se debe mezclar 1 kg. de guano de pollo con S kg. de aserrín.

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{kg agua en A}) + (\text{kg agua en B}) + (\text{kg agua en C}) + \dots}{(\text{kg de A} + \text{kg de B} + \text{kg de C} + \dots)}$$

$$\text{Humedad} = 60\% = 0,6 = \frac{0,7 + (0,35 \times S)}{1+S} = 0,4 \text{ Kg. de aserrín}$$

Si por cada kg de guano de pollo se agrega 0,4 kg de aserrín, la relación C/N sería:

$$C/N = \frac{\text{Kg. C en A} + \text{Kg. C en B} + \text{Kg. de C en C} + \dots}{\text{Kg. N en A} + \text{Kg. N en B} + \text{Kg. de N en C} + \dots}$$

Donde: Kg. C en A = C/N de A x peso de N en A

$$\text{Kg. N en A} = \text{Kg. A} \left(1 - \frac{\% \text{ humedad}}{100}\right) \times \frac{(\% \text{ nitrógeno})}{100}$$

De acuerdo a lo anterior:

$$\text{Kg. de N de guano de pollo} = 1 \times (1 - 0,7) \times 0,06 = 0,018$$

$$\text{Kg. de C de guano de pollo} = 10 \times 0,018 = 0,18$$

$$\text{Kg. de N de aserrín} = 1 \times (1 - 0,35) \times 0,0011 = 0,00072$$

$$\text{Kg. de C de aserrín} = 500 \times 0,00072 = 0,36$$

$$C/N = \frac{0,18 + (0,4 \times 0,36)}{0,018 + (0,4 \times 0,00072)} = 17,7$$

Como la relación C/N es un poco baja para realizar el proceso de compostaje y puesto que la humedad de la mezcla es alta 60%, se tendría que incrementar la proporción de aserrín para aumentar la relación C/N de la mezcla.

#### Caso N° 2. Cálculo de las proporciones de la mezcla para obtener una relación C/N adecuada

Si se quiere compostar paja de trigo que tiene una humedad de 15%, relación C/N de 128 y % de N de 0,3%, con guano de pollo que tiene una humedad de 70%, relación C/N de 10 y 6 % de nitrógeno.

Para calcular la cantidad de paja de trigo necesaria para que la mezcla tenga una relación C/N de 25 se debe:

Primero calcular el contenido de materia seca, Kg. de C y N de cada Kg. de paja de trigo.

$$\text{Materia seca} = 1 - \frac{\%H}{100} = 0,85 \text{ Kg.}$$

$$\text{Kg. N} = (0,85 \times 0,003) = 0,0026$$

$$\text{Kg. C} = (0,0026 \times 128) = 0,33$$

Para obtener una relación C/N de 25, por cada Kg. de guano de pollo se debe agregar:

$$C/N = 25 = \frac{0,18 + (S \times 0,33)}{0,018 + (S \times 0,0026)} = 1 \text{ Kg. de paja de trigo}$$

El contenido de humedad de esta mezcla sería:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{0,7 + (1 \times 0,15)}{2} = 0,425 = 42,5\%$$

De acuerdo a lo anterior, el contenido de humedad de esta mezcla es bajo para iniciar el proceso de compostaje por lo que habría que añadir agua directamente a la mezcla.

### 3. Métodos de compostaje

Existen diversos métodos de compostaje que varían de acuerdo a las condiciones de aireación, periodo de volteo y calidad producto final. En general los métodos de compostaje pueden ser divididos en cuatro grupos:

- Compostaje pasivo o en pilas estáticas.
- Compostaje en pilas de volteo o en hileras.
- Compostaje en pilas estáticas con aireación (pasiva, forzada).
- Compostaje en Biodigestores.

La elección del método a utilizar va a depender de los requerimientos del productor, inversión, disponibilidad de terreno, entre otros.

#### **Compostaje pasivo en pilas estáticas**

Este sistema es el más antiguo y el más simple de todos. Consiste en apilar diversos residuos orgánicos, los cuales son descompuestos en forma lenta, sin realizar manejos para controlar, humedad, aireación, temperatura, entre otros. La aireación ocurre de manera natural, a través del aire que fluye en forma pasiva de la pila. (Foto 1)

Bajo estas circunstancias el proceso de degradación es dominado por microorganismos anaeróbicos, lo cual produce baja temperatura, lenta descomposición y en algunos casos generación de malos olores, gases y líquidos no deseados.

En general con este sistema no se obtiene un producto de alta calidad, por que en el proceso de compostaje no se mantienen en los rangos óptimos los diversos factores que influyen en él. Sin embargo es

Foto 1. Compostaje en pilas estáticas



un sistema simple y de bajo costo, ya que no requiere de mano de obra para su mantención ni de conocimientos técnicos para su realización.

#### **Compostaje en pilas de volteo**

Este método consiste en disponer el material en pilas alargadas ya sea al aire libre o en galpones, el tamaño de las pilas fluctúa entre 2 y 5 metros de ancho, por 1 o 3 metros de alto y largo variable, su forma puede ser triangular o trapezoidal. Ambos dependen de las condiciones climáticas imperante, la maquinaria disponible para su elaboración y voltear las pilas, entre otros.

Las pilas deben ser volteadas en forma regular ya sea manual o mecánicamente. Si se realiza en forma mecánica, se debe disponer de maquinas especialmente destinadas a este fin (volteadoras) o también se pueden usar cargadores frontales. (Foto 2)

La frecuencia del volteo debe ir disminuyendo durante el proceso, por ejemplo:

- Primer mes, voltear dos veces a la semana
- Segundo mes, voltear 1 vez a la semana
- Tercer mes, cada 15 días
- Posteriormente, 1 vez al mes

Con el volteo de las pilas se persiguen los siguientes efectos:

- Mezclado
- Evitar compactación
- Intercambio gaseoso
- Creación de nuevas superficies de ataque para los microorganismos
- Y control de la temperatura, humedad y pH

Las pilas se deben proteger de exceso de humedad en zonas muy lluviosas o durante el invierno, para evitar condiciones de anaerobiosis o falta de oxígeno.

Foto 2. Pila de compostaje con volteo mecánico



### Compostaje en pilas estáticas aireadas

En este método los materiales a compostar se disponen en pilas al igual que en el sistema anterior, pero la aireación puede ser realizada de forma pasiva o forzada, por lo que se elimina la necesidad del volteo durante el proceso de compostaje.

#### Compostaje en pilas estáticas con aireación pasiva

Este método consiste en colocar el material a compostar en pilas y airearlo en forma pasiva, a través de una red de tuberías perforadas que se colocan en la parte inferior de la pila (Figura 7).

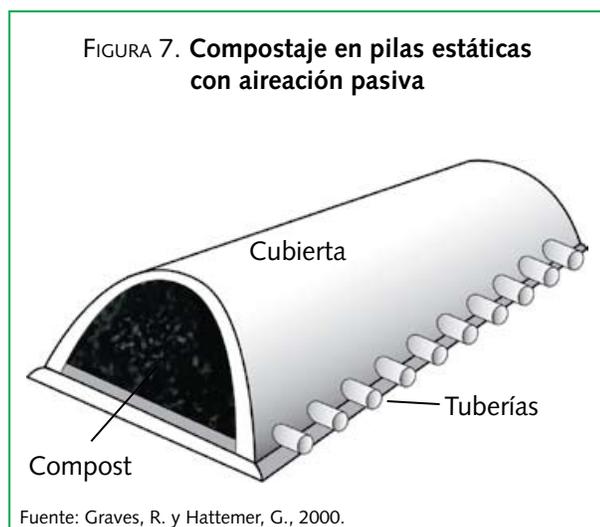


Foto 3. Pila estática con aireación pasiva



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

En este sistema con el objeto de permitir el adecuado flujo de aire se debe colocar una cubierta porosa ya compuesta de turba, paja de cereales, etc. Además es vital importancia realizar una adecuada mezcla inicial con el objeto de asegurar una adecuada porosidad y estructura a la pila.

### Compostaje en pila estática con aireación forzada

Este método consiste en colocar el material a compostar en pilas sobre una red de tuberías de aireación donde se suministra aire frecuentemente con el propósito de proporcionar el medio aeróbico adecuado para el proceso de compostaje. (Figura 8)

Este sistema requiere de un mayor inversión ya que se necesitan una serie de equipamiento como un compresor de aire, red de tuberías, válvulas y sistemas de control de presión de aire, temperatura y humedad.

Una de las ventajas consiste en la disminución del tiempo de compostaje debido al mayor control de los factores que inciden en él.

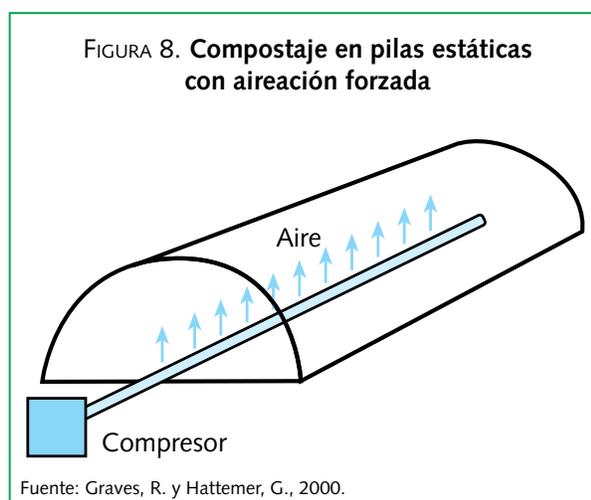


Foto 4. Pila estática con aireación forzada



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

## Compostaje en biodigestores

En este método, el proceso de compostaje se lleva a cabo en un contenedor cerrado en el cual se desarrolla un proceso aeróbico acelerado para generar compost (Figura 9).

El contenedor posee inyectores de aire y agua, que mantienen las condiciones ideales en la mezcla, lo que facilita el trabajo de los microorganismos (Foto 5).

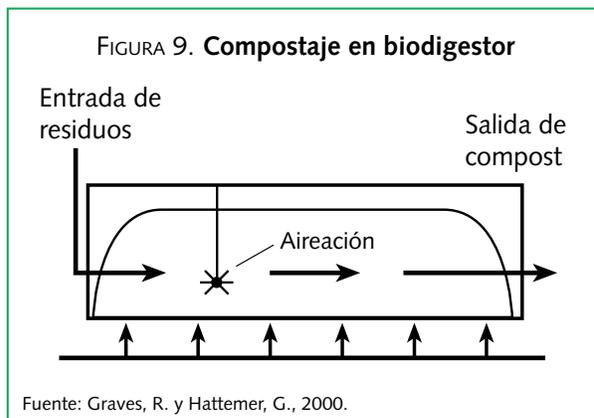


FOTO 5. Biodigestores



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

## 4. Manejos para la producción de compost

La manera como es manejado el proceso de compostaje determinará el éxito de la operación. Estos están destinados a producir compost de calidad en el menor tiempo posible, reducir al mínimo los olores, la contaminación generadas por los residuos y sus lixiviados y otros problemas relacionados con el proceso. Además un buen manejo ayuda a mejorar el uso de los materiales, equipos, terreno y mano de obra.

### Seguridad, control de olores y sanidad

En cuanto a la seguridad, se debe tener presente el resguardo del personal para evitar posibles accidentes, asociados al manejo de los equipos utilizados en el proceso de compostaje. Dentro de las normas mínimas de implementos de seguridad se deben tener en cuenta:

- Uso de lentes protectores
- Guantes
- Zapatos de seguridad
- Contar con un botiquín, en casos de cortes, quemaduras, etc.

### Seguridad

Los incendios pueden ser un problema frecuente en plantas de compostaje. Esto se debe a la disponibilidad de una fuente de energía como residuos de madera, hojas secas, papel y otros. Las fuentes de combustión más común pueden ser cigarrillos, fósforos o el aumento de la temperatura de la pila sobre 75 ° C que desencadena un incendio incontrolable.

Es importante mencionar que los incendios no son fáciles de detectar, debido a que no se observan llamas toda vez que el fuego comienza en el interior de la pila ya que es la zona de mayor temperatura. Por otro lado son muy difíciles de apagar producto de la disponibilidad de la fuente de energía. Es común que éstos no se apaguen hasta que se han quemado por completo los materiales combustibles.

Los factores que inciden en el riesgo de incendio son:

- Pobre control de humedad ya sea por que la pila tiene menos de un 40% de humedad, lo que restringe la evaporación de agua helada; humedad mal distribuida dentro de la pila dando a lugar a espacios con aire caliente.

- la imposibilidad de agregar agua homogéneamente en la pila para mantener una adecuada humedad.
- Aireación deficiente, ésta se produce usualmente por una inadecuada mezcla de tamaño de partículas lo que disminuye el movimiento de aire. Otro factor que incide es la realización de pilas muy grandes para ser manejadas.
- Un inadecuado control de la temperatura.

Para minimizar los riesgos de incendios, es importante realizar un buen manejo de las pilas en cuanto a humedad y aireación, junto con medir diariamente la temperatura. También se pueden realizar cortafuegos alrededor del sector de compostaje y tener siempre a disposición extintores.

### Control de olores

El compostaje aeróbico no debería generar olores desagradables, como es el caso del proceso anaeróbico. Si embargo algunos olores pueden provenir de ciertos materiales o condiciones del proceso inapropiados.

Las tres principales fuentes de olores son: el olor de los materiales o residuos, la pérdida de amonio cuando la relación carbono nitrógeno es baja y condiciones anaeróbicas dentro de la pila ya sea en su totalidad o en algunos sectores.

Las condiciones anaeróbicas pueden ser minimizadas manejando adecuadamente la pila ya sea utilizando una buena mezcla de residuos, controlando la temperatura y aireación.

### Sanidad

Los materiales utilizados comúnmente para compostaje contienen algunos organismos patógenos que pueden llevar a provocar enfermedades a las personas que trabajan con ellos, tal es el caso de residuos animales, como guanos, que pueden contener salmonellas, E. coli y parásitos entre otros.

Debido a lo anterior es de vital importancia, tomar todas las medidas necesarias para manipular estos residuos, como utilización de guantes, limpieza de manos después de manipular los residuos, entre otros.

Asimismo, algunos materiales, como aserrín virutas de maderas y lodos pueden contener cantidades variables de metales pesados, los que pueden ser traspasados a ser humano, cuando se tiene contacto directo con la piel o contaminar el suelo y el agua a través de los lixiviados.

### *Manejos asociados a las condiciones climáticas*

Las variaciones climáticas, ya sea de temperatura, humedad y precipitaciones, pueden influir en el proceso de compostaje, por lo que se deben adjuntar los manejos de acuerdo a éstas.

Climas fríos o condiciones de bajas temperaturas por largo tiempo, por ejemplo en invierno pueden disminuir la actividad de los microorganismos, lo que genera un aumento en el tiempo del proceso.

En contraste, climas cálidos o condiciones de altas temperaturas, como por ejemplo en verano, producen una mayor pérdida de agua por evaporación desde la superficie de la pila. En estos casos el control de la humedad se debe realizar con mayor frecuencia, para corregir su falta.

Las precipitaciones pueden ocasionalmente producir problemas en el proceso de compostaje, en zonas y o épocas con alta intensidad de lluvias. Las pilas si se encuentran al aire libre pueden absorber demasiada humedad lo que traerá como consecuencia una considerable disminución en el contenido de oxígeno, tornando el proceso anaeróbico. Es aconsejable cubrir las pilas con una lámina de plástico, durante las lluvias.

### *Control de los factores claves del proceso*

#### *Temperatura*

El control y monitoreo de la temperatura en las pilas de compost son uno de los parámetros más importantes en el proceso ya que refleja como se está realizando el proceso. Además es importante que las pilas alcancen temperaturas sobre 55° C para asegurar la destrucción de semillas de malezas, patógenos y parásitos.

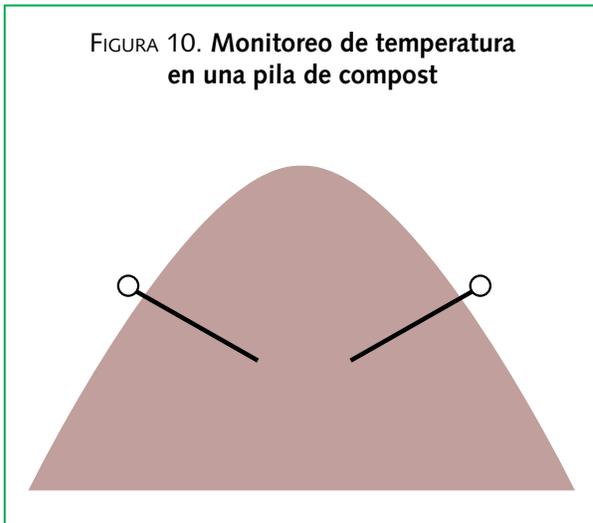
Para realizar este control es necesario contar con un termómetro con vástago de por lo menos 70 cm siendo ideal de 1,5 m, además de una hoja para su registro.

La temperatura debe ser registrada diariamente en las primeras etapas y luego con menor frecuencia, a una misma hora del día y se debe tomar introduciendo el termómetro en la pila de forma que quede cercana al centro ya que esa es la zona de mayor temperatura. Para eliminar cualquier error se debe tomar en centro de la pila y a ambos lados, tal como lo muestra la Figura 10.



Foto 6. Termómetro para medir temperatura en pilas de compost

FIGURA 10. Monitoreo de temperatura en una pila de compost



### Humedad

Como ya se ha mencionado, el contenido de humedad de una pila es importante porque los microorganismos responsables del compostaje necesitan agua para sobrevivir y crecer. El contenido de humedad óptimo para el proceso es 50 a 60%.

Existen dos métodos para determinar el contenido de humedad. El primero consiste en apretar con la mano un puñado de compost (Foto 7) y el otro consiste en pesar en húmedo y seco una muestra de la pila.

En el primer método si luego de apretar el puñado de compost con la mano caen gotas de líquido y la mano se humedece significa que la mezcla contiene aproximadamente un 60% de humedad; si sólo se

humedece la mano, pero el material toma la forma en la cual se apretó la mezcla, contiene cerca de un 50% de humedad. Por el contrario si no se humedece la mano y los materiales no se agrupan sino que luego del apretón se disgregan, la mezcla contiene menos de un 40% de humedad (Foto N° 8), lo que debe ser corregido en el menor tiempo posible.

El segundo método tiene mayor exactitud. Para realizarlo se deben seguir los siguientes pasos:

- Pesarse un contenedor de vidrio o de un material posible de ser utilizado en un horno microondas.
- Agregar al contenedor 100 gr de compost.
- Colocar la muestra dentro del horno microondas a temperatura media a baja por 4 o 5 minutos.
- Pesarse la muestra sacada del microondas. (Se debe esperar que se enfríe)
- Volver a colocar la mezcla en el horno microondas a igual temperatura pero por 2 minutos y pesarse nuevamente la muestra fría. Repetir este procedimiento hasta que se igualen los pesos de la muestra.
- Para calcular el contenido de humedad se debe restar al peso inicial el peso de la muestra seca y multiplicarlo por 100.

Foto 7. Medición en terreno del contenido de humedad de una pila de compost



Foto 8. Contenido de humedad menor al 40%, los materiales se disgregan



## 5. Madurez y calidad del compost

La duración del proceso de compostaje es variable y dependerá de diversos factores tales como sistema de compostaje utilizado, materiales utilizados, condiciones climáticas, manejos realizados, entre otros.

### Proceso de maduración

Luego de la fase activa del compostaje se requiere de un periodo mayor a un mes para que el proceso termine y el compost desarrolle las características deseadas para sus aplicaciones posteriores. En este proceso se sintetizan las sustancias húmicas.

El grado de madurez del compost afecta la utilización de éste. De esta forma un compost inmaduro puede interferir con el crecimiento de la plantas ya que se produce inmovilización de nitrógeno, lo que causa competencia por este nutriente entre las raíces de las plantas y los microorganismos que habitan en el suelo. Además puede incorporar fitotoxinas que se producen en las primeras etapas del proceso que inhiben el crecimiento de las plantas y la germinación de las semillas.

En la etapa de maduración no se requiere de volteos si las pilas tienen un tamaño suficientemente pequeño para permitir un adecuado intercambio gaseoso.

Para evaluar la madurez del compost se pueden utilizar una serie de test fáciles de realizar en terreno y otros que requieren de un laboratorio especializado.

Dentro de los test posibles de ser realizados en terreno se encuentran:

- **Pruebas de germinación (Foto 9)**

Estas pruebas determinan la concentración de compuestos fitotóxicos, principalmente ácidos. Para realizarlas se requiere de varias muestras del material, las que son utilizadas como sustrato donde se harán germinar semillas. Si el porcentaje de germinación es

FOTO 9. Test de germinación para determinar madurez de compost



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

mayor o igual al 80% significa que el compost presenta una baja o nula fitotoxicidad.

En la Tabla 3 se muestra los porcentajes de inhibición de germinación y el grado de fitotoxicidad del compost.

TABLA 3. **Fototoxicidad como indicador de la madurez del compost**

% inhibición de plantas	Clasificación de toxicidad
81-100	Extremadamente tóxico
61-80	Altamente tóxico
41-60	Tóxico
21-40	Moderadamente tóxico
0-20	Ligera toxicidad - No tóxico

Fuente: Graves, R. y Hattemer, G., 2000.

- **Olor luego de ser almacenado**

Para este método se debe colocar una muestra de compost levemente mojado en una bolsa plástica. El compost maduro emitirá un suave olor a tierra al abrir la bolsa después de una semana de almacenamiento a temperatura de 20 a 30°C. Si el compost está inmaduro se producirá fermentación anaeróbica, lo que provocará un fuerte olor.

Otros métodos que se utilizan para determinar madurez en compost son:

- **Métodos de observación**

*Olor:* un compost maduro presenta olor a tierra de hojas.

*Temperatura estable:* la temperatura se estabiliza y es similar a la ambiental.

*Color:* el compost se oscurece con la madurez, llegando a un color café oscuro o negro.

- **Métodos de análisis químicos**

*Determinación de pH:* un compost maduro posee un pH entre 7 y 8.

*Relación C/N:* un compost maduro presenta una relación C/N menor de 20 y lo más cercana a 15.

*Determinación de  $NH_4$ :* un compost maduro no debe poseer más de un 0,04%.

### Calidad

La calidad del compost refleja su madurez, aunque un compost maduro no necesariamente indica que es de calidad.

Factores como estabilidad, contenido elevado de sustancias húmicas, equilibrio en nutrientes, presencia de microorganismos benéficos, granulometría y otros, determinan la calidad de compost.

## CAPÍTULO III. Usos y aplicaciones de compost en la agricultura

### 1. Beneficios de la utilización de compost en agricultura

El compost produce efectos positivos en el suelo tanto en sus propiedades físicas, químicas como biológicas. Su incorporación en el suelo permite mejorar su estructura, reduciendo los problemas de compactación y susceptibilidad a la erosión, además aumenta la capacidad de retención de agua y el intercambio gaseoso, favoreciendo así el desarrollo radical.

Mejora además la actividad biológica del suelo ya que provee de alimento a los microorganismos que habitan en él y se alimentan de humus. Como consecuencia de la mejora en la aireación y otras propiedades se aumenta y diversifica la flora bacteriana.

Su uso como fertilizante está relacionado con su capacidad de entregar nutrientes de forma lenta, de acuerdo a la mineralización causada por los microorganismos quienes en términos simples liberan los nutrientes contenidos en el humus y materia orgánica.

Además el compost actúa como supresor de enfermedades, a través de mecanismos biológicos como competencia entre microorganismos benéficos y patógenos, parasitismo y antibiosis.

Otro de los usos del compost es como sustrato, para la producción de almácigos y plantas en macetas, al ser posible reemplazar total o parcialmente la utilización de tierra de hoja y turba por este producto, con los consecuentes beneficios ecológicos ya que ambos son recursos naturales de lenta renovación.

### 2. Principales usos del compost en la agricultura

Tal como se mencionó anteriormente, son innumerables los usos del compost en la agricultura tales como enmienda orgánica de suelos, fertilizante, acolchado de suelos, sustrato, entre otros.

#### *Enmienda orgánica de suelos*

El principal uso del compost es como enmienda orgánica, es decir, como un material destinado a mantener o incrementar los niveles de materia orgánica en el suelo.

Muchas propiedades del suelo dependen del contenido de materia orgánica: la estructura del suelo y por lo tanto su capacidad de retención de agua y de aireación, así como el riesgo de erosión y compactación, buena parte de su capacidad de intercambio catiónico, responsable de la retención de nutrientes y de muchos contaminantes, el color, que afecta a su capacidad de calentamiento, el sostenimiento de la microflora del suelo, etc. Por ello, muchas de las funciones del suelo, particularmente la capacidad de almacenamiento e infiltración de agua, suministro de nutrientes y capacidad degradativa, están relacionadas con el contenido de materia orgánica del suelo.

Los niveles de materia orgánica en los suelos son el resultado del balance entre la incorporación de compuestos orgánicos y su mineralización o degradación. En condiciones de equilibrio, los suelos presentan unos contenidos estacionarios de materia orgánica porque las incorporaciones de nuevos compuestos se compensan con las pérdidas por mineralización. Por el contrario, existen evidencias de que, con frecuencia, la materia orgánica no se repone adecuadamente en suelos de cultivo, pues tienden a la especialización y el monocultivo. Es por ello frecuente que los suelos sometidos a una explotación más o menos intensa presenten unos contenidos bajos de materia orgánica.

#### *Fertilizante orgánico*

Todas las culturas antiguas basaron el mantenimiento de la fertilidad de los suelos cultivados en aportes periódicos de sustancias orgánicas de diversas procedencias, que venían a compensar las pérdidas de fertilidad y contenido de carbono del suelo que se producía como consecuencia del laboreo y la cosecha.

Pero la llegada de los abonos químicos y los espectaculares aumentos de producción que se obtenían con ellos hizo suponer que los abonos orgánicos estaban definitivamente desplazados por éstos. Sin embargo, con el paso del tiempo se puso de manifiesto que la productividad no dependía sólo de los niveles de nutrientes, sino del mantenimiento de la calidad del suelo. Por el contrario el exceso en el suministro de nutrientes llevó en ocasiones a la contaminación de suelos y aguas, al tiempo que el déficit de materia orgánica del suelo contribuía a un nuevo estancamiento de la productividad agrícola.

Los residuos orgánicos, en concreto el compost, contienen nutrientes (N, P, K, Ca, Mg, y otros elementos), que bien pueden encontrarse bajo formas de entrega más lenta que las de los fertilizantes químicos, como es el caso del N, o bien en formas de alta solubilidad, como suele ser el caso del K.

Cuando se aplica el compost con criterio fertilizante, lo más frecuente es utilizar el criterio del contenido de N, debido al impacto de este elemento sobre el agua y el aire y por su importancia como macronutriente para las plantas, buscando ajustar el aporte a las necesidades de los cultivos, tanto en el tiempo como en el espacio. Este criterio no es sin embargo fácil de llevar a la práctica, debido a que no todo el N del compost es inmediatamente utilizable por las plantas, estimándose entre un 10 y un 20% del N total que es mineralizado al cabo de 60 días de aplicación al suelo, según el tipo de compost y las características del suelo y clima. En climas mediterráneos la mineralización del nitrógeno será de un 40% para aplicaciones en otoño y 60% para aplicaciones en primavera.

El compost puede ser aplicado al voleo en cultivos intensivos (cereales y praderas), en camellones de hortalizas o localizado en papas, maíz y frutales.

Su uso al voleo es la aplicación directamente en los potreros, ya sea sobre pastos o praderas establecidas o al preparar el suelo para los cultivos.

FOTO 10. Aplicación de compost previo al trasplante de hortaliza



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

FOTO 11. Compost aplicado en forma localizada en porotos



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

Su utilización en forma localizada es en chacras u hortalizas o al preparar cama alta, los camellones y la almaciguera. También se aplica colocando una capa alrededor de la planta o bien sobre el surco de riego antes de aporcar. También se aplica en la taza de árboles frutales.

Su efecto es progresivo, por lo que poco a poco va mejorando la fertilidad y la vida del suelo.

Para abonar bien los cultivos se necesitan al menos entre 6 y 10 ton/ha/año y hasta 20 si son cultivos muy exigentes. En el caso de las praderas basta con 5 ton, si se tiene más abono se puede utilizar y habrá mejores resultados.

### ***Té de compost***

Otro uso del compost es la elaboración de té de compost, el cual aplicado a las hojas es una fuente rápida de nutrición foliar. Adicionalmente induce a modificaciones físicas de las hojas que inhiben germinación de esporas de patógenos así como también promueve a los antagonistas, que son microbios benéficos que compiten contra los patógenos.

El té de compost puede ser elaborado en el predio a partir de un buen compost. Se hace una mezcla de 90 % de agua y 10 % de compost.

Una forma fácil de prepararlo consiste en colocar en un tambor de 200 l un saco con 20 a 30 kilos de compost y llenar el tambor con agua. Se deja fermentar por 4 a 6 días, apretando algunas veces la bolsa de compost. Es importante una buena oxigenación de modo de reproducir las bacterias que contienen el compost.

Para su aplicación éste debe diluirse en agua al 15 o 20%. Este producto se aplica cada 10 días o según necesidad al follaje de las plantas, como riego o por fertirrigación.

FOTO 12. Elaboración de té de compost con sistema de oxigenación



### **Control de malezas**

Compost en estado inmaduro de 8 semanas puede ser aplicado como acolchado de suelos o mulch produciendo una disminución en la aparición de malezas, este efecto se debe a la presencia física de este en el suelo, el cual disminuye el paso de la luz y la presencia de ácidos grasos fitotóxicos para las plantas presentes en compost inmaduros, que impiden la germinación de semillas.

Foto 13. Uso de compost inmaduro como mulch para control de malezas.



Fuente: Ozores-Hampton, 2003.

### **Supresión de microorganismos patógenos del suelo**

Diversos estudios han evidenciado que la aplicación de compost tiene efecto en la disminución de numerosos microorganismos patógenos del suelo. Este se debe principalmente a que al incorporar compost en el suelo aumentan los microorganismos benéficos los que tienen acción antagónica con los microorganismos patógenos de las plantas.

### **Sustrato**

El compost maduro puede reemplazar de forma parcial la turba utilizada como sustrato de almácigos y plantas en macetas obteniendo buenos resultados. Sin embargo para poder utilizar compost como reemplazo de turba este debe poseer una baja salinidad ya que sino disminuye la germinación y el buen desarrollo de las plantas.

Diversos estudios señalan que utilizando compost en rangos de 10 a 40% de la mezcla complementado con turba y perlita son los más indicados.



## ANEXO 1.

# Etapas a seguir para la producción de compost en un predio a pequeña escala

### 1. Identificar los residuos de las labores agrícolas, que podrían ser la materia prima para la elaboración de compost.

El primer paso es elaborar una lista de los residuos orgánicos posibles de utilizar. Se debe conocer la cantidad de estas materias, y sus características como, humedad, relación carbono nitrógeno y el contenido de nitrógeno total (ver Tabla N° 2). En caso que los materiales se encuentren infectados debido a una alta incidencia de enfermedades o patógenos en el cultivo, se recomienda no utilizarlos o bien asegurarse que la pila a compostar alcance temperaturas sobre 55° C por a lo menos 10 días con el objeto de eliminar a los microorganismos patógenos.

### 2. Determinar las distintas proporciones de residuos a utilizar, para realizar una pila de compost.

Luego de conocer las características de los principales residuos a utilizar, se deben calcular las proporciones de cada uno, para realizar una mezcla que cumpla con los rangos óptimos para el proceso. Como el contenido de humedad es un parámetro fácil de modificar en la primera etapa de elaboración, los cálculos se realizarán para lograr una relación carbono nitrógeno cercana al 25:1 y 30:1, ver caso N° 2, página 20 de este documento. (ojo con esta numeración que luego de diagramación puede cambiar)

Si el material disponible tiene una alta relación carbono nitrógeno, como por ejemplo pajas de cereales, restos de poda, aserrín, residuos de cosechas secas (caña de maíz), es recomendable utilizar como fuente de nitrógeno, guano de diferentes animales o urea. En caso contrario, donde los materiales tienen una baja relación carbono nitrógeno como por ejemplo, cortes verdes de pastos, rastrojos frescos de leguminosas y hortalizas, se puede utilizar como fuente de carbono, pajas de cereales, virutas, restos de poda, entre otros.

### 3. Acondicionado de los materiales

Previo a la formación de las pilas es importante revisar algunos factores que pueden determinar el desarrollo del proceso de compostaje y la obtención de un producto final de calidad. Entre estos se recomienda:

- Sacar de los materiales a compostar cualquier elemento extraño, como por ejemplo bolsas y

envases plásticos, restos de vidrios, alambre y otros no degradables.

- El tamaño ideal de partículas para asegurar una buena aireación es de 2 a 5 cm. Es así como materiales de tamaño grande como restos de poda, cañas de rastrojos de maíz, se recomienda picarlos o chipiarlos para obtener el tamaño adecuado. De esta forma también los microorganismos benéficos poseen una mayor superficie donde ellos pueden actuar y degradar la celulosa o lignina.

En caso contrario, si los materiales de los cuales se disponen poseen un tamaño de partículas fino o muy fino, como por ejemplo aserrín, con el objeto de evitar la compactación y asegurar una adecuada oxigenación, se recomienda mezclarlos con un material de mayor tamaño.

### 4. Formación de la pila

En esta etapa se debe tener en cuenta para la realización de las pilas:

- Elegir el lugar adecuado. Éste debe cumplir como requisito: un fácil acceso, cercano a una fuente de agua, no entorpecer las labores agrícolas, si es posible que el lugar escogido no esté todo el día expuesto a la radiación solar.
- Los materiales utilizados en la elaboración de las pilas se pueden mezclar previo a la formación de ellas o disponerlos en capas de acuerdo a las proporciones establecidas. Por ejemplo, si la mezcla va a estar formada de 0,4 kg de guano de vacuno por cada kilo de residuo vegetales (rastrojos de cultivos y siega de malezas), se puede mezclar cinco partes de residuos vegetales por una parte de guano previo a la formación de las pilas; o bien al realizar las pilas, colocar una capa de 20 cm de residuos vegetales luego una capa de 5 cm de guano y repetir hasta alcanzar la altura deseada.
- Con respecto a la humedad, importante verificar que ésta se encuentre cercana al 60%, para asegurar una adecuada oxigenación y buena actividad de los microorganismos. Para determinar si el contenido de humedad de la mezcla es el adecuado se puede utilizar la fórmula de corrección

de humedad (ver caso N° 1, página 20), o bien utilizar el método descrito en la página 25. Es importante el asegurar una homogénea distribución de la humedad dentro de la pila.

## 5. Monitoreo del proceso de compostaje

El control periódico de la temperatura, la observación de las pilas, la presencia de insectos y generación de olores son aspectos importantes a considerar durante el proceso de compostaje ya que pueden indicar si éste se está desarrollando de forma correcta.

- El control de la temperatura permite conocer en qué fase del proceso de compostaje se encuentra la pila. Durante las 2 primeras semanas éste se debe realizar de preferencia una vez al día; el mes siguiente cada 2 días y posteriormente 1 vez por semana. Es importante señalar que el control de la temperatura se debe realizar siempre a la misma hora, además luego del último volteo para asegurar que el compost se encuentra en la fase de enfriamiento se debe tomar la temperatura por 5 días seguidos y ésta no debe aumentar. Una vez a la semana es recomendable calibrar el termómetro bimetálico análogo introduciéndolo en un recipiente con agua y hielo por 2 minutos o hasta que la temperatura baje casi a los 0°C.
- Observación visual de las pilas. A medida que avanza el proceso de compostaje, las pilas deben reducir significativamente su volumen y los materiales que la conforman no deben diferenciarse. Si esto no ocurre es posible que existan problemas asociados a falta de oxígeno, falta de humedad u otros. (Ver Anexo N° 2).
- En la pila es posible observar diversos insectos. Algunos de los más comunes son lombrices, arañas ciempiés, escarabajos y otros, ellos indican que dentro de la pila existen adecuadas condiciones de oxígeno y humedad. Un problema frecuente es la presencia de moscas, la cual indica que la temperatura en la fase termófila no fue suficientemente alta y/o prolongada para permitir la muerte de patógenos e insectos. Además puede ocurrir que algunos animales, principalmente roedores, hagan sus madrigueras dentro de la pila.
- La generación de olores desagradables como amonio indica que la relación carbono nitrógeno de la mezcla es baja y se pierde nitrógeno por volatilización. Además olores a putrefacción, metano (gas licuado) y azufre pueden indicar falta de oxígeno en las pilas, ya sea por compactación o exceso de humedad principalmente.

Durante todo el proceso de compostaje se recomienda voltear las pilas con el objeto de homogeneizar los materiales y temperatura dentro de la pila y asegurar una adecuada cantidad de oxígeno y humedad. Durante el primer mes se recomienda dar vuelta la pila una vez por semana, luego cada 15 a 20 días. Es importante controlar el contenido de humedad de la pila en cada volteo a fin de agregar agua en caso de ser necesario con el objeto de distribuirla uniformemente. Es común cometer el error de mojar las pilas sólo por encima, lo que produce un sellamiento y encostramiento de la superficie de la pila, no permitiendo el ingreso del agua más allá de los 10 primeros centímetros.

## 6. Determinación del fin del proceso de compostaje

En esta etapa se debe verificar el grado de madurez del compost para que pueda ser utilizado.

Los principales parámetros a reconocer en la pila son:

- Los materiales iniciales no se deben reconocer, el producto final debe ser una mezcla homogénea de color café oscuro a negro y con aroma a tierra de hojas.
- La presencia de insectos como ácaros, ciempiés y escarabajos es menor que en la fase de enfriamiento.
- Además se pueden realizar test de germinación y de olor luego de almacenado (ver página 26).

## ANEXO 1.

**Problemas frecuentes durante el proceso de compostaje**

<b>Problema</b>	<b>Causa probable</b>	<b>Solución</b>
La pila de compost no reduce su tamaño	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de oxígeno</li> <li>• Falta o exceso de humedad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltear la pila.</li> <li>• Agregar agua o voltear la pila</li> </ul>
No aumenta la temperatura días.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de oxígeno</li> <li>• Falta o exceso de humedad</li> <li>• Alta relación C/N</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltear la pila. en los primeros 15 días.</li> <li>• Agregar agua o voltear la pila</li> <li>• Agregar guano o urea</li> </ul>
Desprendimiento de olor a amonio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja relación C/N</li> </ul>	Agregar residuos leñosos o con alta relación C/N
Desprendimiento de olor desagradable (putrefacción)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de oxígeno</li> <li>• Exceso de humedad</li> </ul>	Voltear la pila

## Bibliografía

- Brock, Thomas. 1993. Microbiología. Prentice-Hall. 956 pp.
- Comisión de Investigación Tecnológica de Chile. 1999 (INTEC) Manual de compostaje. Santiago, Chile. 82 pp.
- Contreras, M. 2004 Diseño de una unidad de compostaje de residuos orgánicos como parte de una estación experimental de agricultura orgánica. Valdivia. Chile. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. Tesis de Grado. 80 pp.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., Polo, A. 1995. Residuos orgánicos urbanos. Manejo y utilización. Segunda edición. Murcia. España. 181 pp.
- FAO. 1998. Food Quality and Safety System: A training manual on food hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) system.. Publishing Management Group, FAO Information
- Fernandez, F. 2005 Manual práctico de producción comercial de champignon. <http://fungitec.com/manualchamp2005.pdf>
- Graves, R Y Hattemer, G. 2000. National Engineering Handbook: Composting. <http://www.info.usda.gov/CED/ftp/CED/neh637-ch02.pdf>
- Infante, A y San Martín, K. 2001. Manual de agricultura sustentable para el secano. CET. Santiago-Chile 159 pp.
- Instituto Nacional de normalización (INN).2004 Norma Chilena oficial Nch 2880 Compost- Clasificación y requisitos. Santiago. Chile. 27 pp.
- Ishimura, I. 2004. Manual de agricultura orgânica. Primera edición. São Paulo, Brasil. Editorial Governo do Estado de São Paulo 246 pp.
- Jeangille, P. 1991. Substrata for Horticulture in Subtropical and Tropical region. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Roma, Italia. 75 pp.
- Kahn, B. y Stoffella, P. 2004. Utilización de Compost en los Sistemas de cultivo Hortícola. Primera Edición, Editorial Mundi-Prensa.397 pp.
- Labrador, M., Juana. 2001. La Materia Orgánica en los Agrosistemas. Mundiprensa. 293 pp.
- Lampkin, Nicolás. 2001. Agricultura Ecológica. Mundiprensa. 724 pp.
- Narea, G, 2003. Agricultura Orgánica. Situación actual, desafíos y técnicas de producción, primera edición, Santiago, Chile. Edición Departamento Protección Recursos Naturales Renovables.150 pp.
- Ozores-Hampton, 2003. Curso Internacional de Compostaje, producción, control de calidad y usos del compost, 16 horas dictado en la Universidad de las Américas, Octubre del 2003.
- Pinto, C. 2001. Principios básicos del proceso de compostaje. Chile Agrícola. Julio-Agosto : 102-107 pp.
- Porta, J; López-Acevedo, M; Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Mundiprensa. 807 pp.
- Rueda, P. 2005. Compostaje con EM. Fundación de asesorías para el sector rural (FUNDASES). <http://www.fundases.com/p/pub-compostaje01.html>
- Rynk, Robert et al. 1992. On-Farm Composting Handbook. Natural Resource Agriculture, and Engineering Service. 196 pp.
- Starbuck, C. 2001. Making and using Compost. <http://extension.missouri.edu/explorepdf/ag-guides/hort/g06956.pdf>
- SOQUIMICH. 2001. Agenda del Salitre. 1512 pp.

## Glosario

**Aeróbico:** Que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito, se debe suministrar suficiente oxígeno, que mantenga el sistema aeróbico. Esto asegura que la descomposición sea rápida y sin la producción de olores desagradables.

**Anaeróbico:** Que ocurre en ausencia de oxígeno. La descomposición anaeróbica es lenta y genera malos olores.

**Bacteria mesófila:** Bacteria que descompone la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre 30 y 40°C.

**Bacteria termófila:** Son las que degradan la materia orgánica bajo condiciones calientes entre 40 y 70°C. Realizan la descomposición en un tiempo muy corto, debido a su actuación rápida sobre la pila de compost.

**Biodegradable:** Material orgánico complejo capaz de ser descompuesto por microorganismos en compuestos químicos simples.

**Biodiversidad:** Está representada por los organismos animales y vegetales que coexisten en un ambiente natural, desde el nivel microscópico hasta el más grande. La naturaleza ha creado un sistema natural heterogéneo que mantiene el equilibrio y control de las enfermedades.

**Celulosa:** Es un polisacárido, polímero de la glucosa, componente principal de las paredes celulares de las células vegetales. Material básico de construcción de las fibras vegetales.

**Compost:** Producto que resulta del proceso de compostaje. Está constituido principalmente por materia orgánica estabilizada, donde no se reconoce su origen, puesto que se degrada generando partículas más finas y oscuras. Compost inmaduro: materia orgánica que ha pasado por las etapas mesofílica y termofílica del proceso de compostaje, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración requeridas para obtener un compost maduro.

**Compost maduro:** Compost que ha finalizado todas las etapas del proceso de compostaje.

**Compostaje:** Proceso de tipo físico químico y microbiológico de transformación de la materia orgánica, producido en condiciones aeróbicas y termófilas, cuyo resultado es generar compost, dióxido de carbono, agua, calor y la higienización del material final.

**Descomposición:** Degradación de la materia orgánica en partículas pequeñas, hasta que el material original se haga irreconocible.

**Enmiendas orgánicas:** Cualquier sustancia orgánica capaz de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

**Enzima:** Es un biocatalizador de naturaleza protéica. Facilita la descomposición de moléculas orgánicas complejas en moléculas más simples.

**Estiércol o guano:** Fecas, orina con o sin productos de cama animal.

**Fertilizantes:** Son compuestos químicos que suministran al suelo los nutrientes extraídos por las plantas. La fertilización tiene como finalidad incrementar los rendimientos y mejorar las condiciones nutritivas de las plantas, al aumentar las reservas de nutrientes ya existentes en el suelo.

**Humificación:** Proceso físico químico y biológico que genera humus como producto final.

**Humus:** Fracción orgánica coloidal del suelo, de alta estabilidad frente a cambios en las condiciones ambientales y de manejo.

**Inorgánico:** Sustancia mineral. Compuesto químico carente de átomos de carbono.

**Lavado o lixiviado:** Líquido que escurre de la mezcla de materia orgánica con que se construye la pila de compost, y que contiene nutrientes generados durante el compostaje. Los líquidos de lavado se hacen tóxicos y pueden contaminar aguas subterráneas y ríos.

**Lignina:** Es una molécula de materia orgánica compleja, que se encuentra en la pared celular secundaria, le imparte rigidez a las microfibrillas de celulosa.

**Lípido:** Un aceite o grasa, formado por glicerol y ácidos grasos.

**Macroorganismo:** Organismo vivo que puede ser observado a simple vista, incluyen: arañas, lombrices de tierra, roedores, hormigas, escarabajos, babosas, caracoles, etc.

**Metabolismo:** Es el conjunto de todas las reacciones bioquímicas que ocurren en una célula o en un organismo.

**Metales pesados-metales trazas:** Las concentraciones de los elementos trazas están reguladas, ya que son potencialmente tóxicos para los seres humanos, animales y plantas, como por ejemplo: cromo, cobre, níquel, cadmio, plomo, mercurio y zinc.

**Microorganismo:** Organismos microscópicos. Entre éstos están los hongos, bacterias, actinomicetes, algas, protozoarios, levaduras, nematodos, etc.

**Mineralización:** Es la transformación de la materia orgánica mediante la acción de microorganismos aeróbicos y la liberación de minerales, que son esenciales para el crecimiento de la planta.

**Mulch:** Es una cubierta protectora del suelo. No es un fertilizante ni una enmienda, por lo que no debe mezclarse con el suelo. Hay muchos tipos de mulch, como el compost parcialmente descompuesto, restos de cortezas, virutas de madera, paja, conchas, hojas, cascarilla de arroz, etc. Su función es la de cubrir el suelo desnudo, para impedir la escorrentía superficial, regular la temperatura del suelo, conservar la humedad y evitar el crecimiento de malas hierbas por falta de luz. Un buen mulch suministra nutrientes lentamente al suelo a medida que se descompone.

**Orgánico:** Literalmente se refiere a algún material derivado de plantas o animales. Incluye cualquier cosa derivada de un organismo vivo o excretado por éste.

**Patógeno:** Un microorganismo capaz de producir una enfermedad.

**Proteína:** Es una macromolécula compuesta por una secuencia lineal de aminoácidos. Contienen C,H,O,N,S. Las proteínas son los principales componentes estructurales de las células.

**Purines:** Mezcla producida por guano y agua utilizada en el lavado de los corrales.

**Relación C/N:** Es la cantidad de carbono con respecto al nitrógeno.

**Toxina:** Sustancia de naturaleza protéica elaborada por los seres vivos, especialmente por los microbios, y que actúa como veneno, aun en pequeñas proporciones.





GOBIERNO DE CHILE  
FUNDACIÓN PARA LA  
INNOVACIÓN AGRARIA  
MINISTERIO DE AGRICULTURA

**Fundación para la Innovación Agraria**

Loreley 1582, La Reina, Santiago  
Fono (2) 431 30 00 - Fax (2) 431 30 64  
[www.fia.gob.cl](http://www.fia.gob.cl)

**Centro de Documentación en Santiago**

Loreley 1582, La Reina, Santiago  
Fono (2) 431 30 96

**Centro de Documentación en Talca**

6 Norte 770, Talca  
Fonofax (71) 218 408

**Centro de Documentación en Temuco**

Bilbao 931, Temuco  
Fonofax (45) 743348