



Residuos orgánicos

Prevención y control ambiental

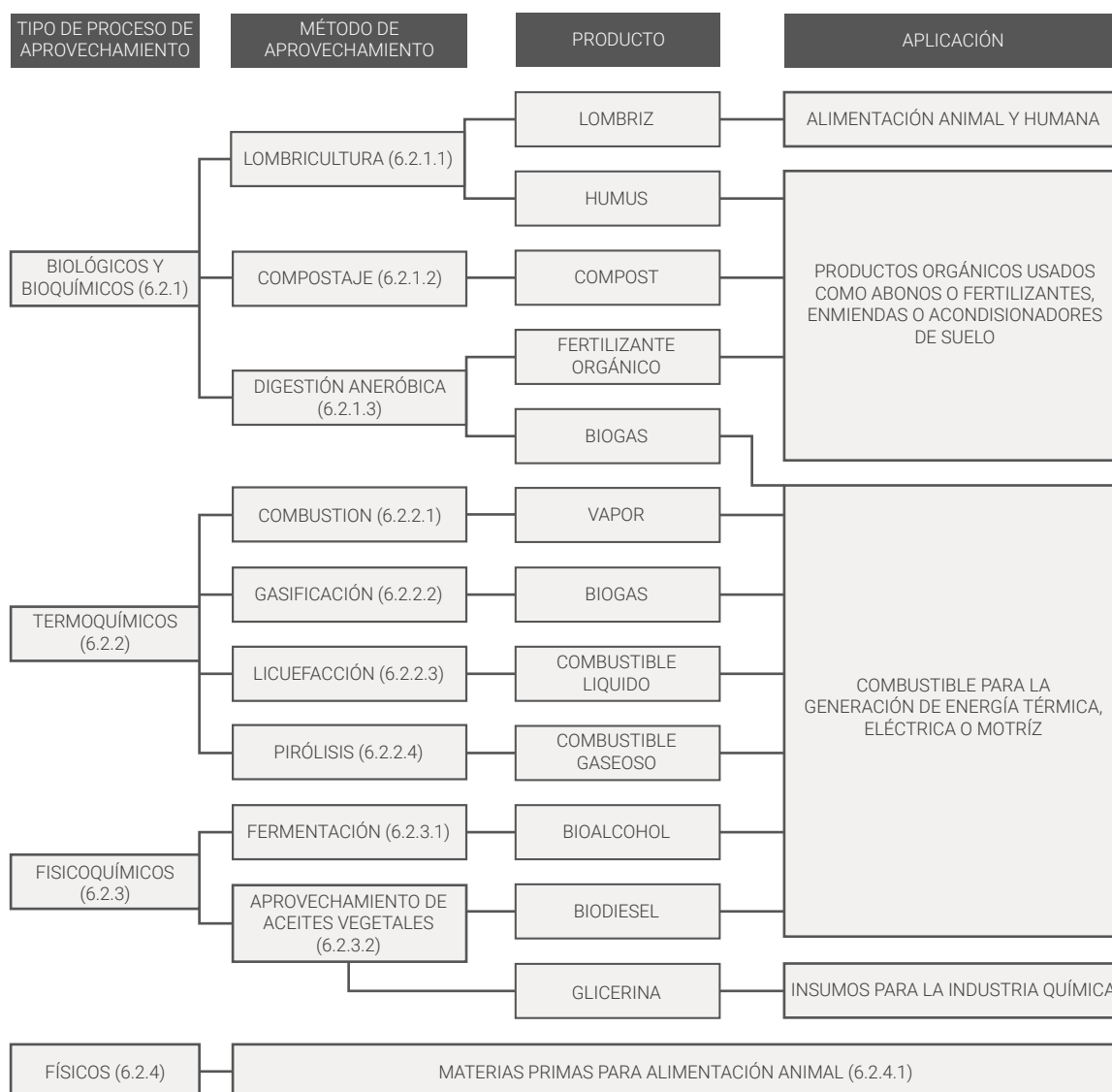
Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA

Residuos orgánicos

Para introducirse en el estudio de las alternativas de tratamiento de los residuos orgánicos no peligrosos, las cuales consisten, principalmente, en la aplicación de procesos biológicos y/o bioquímicos, termoquímicos, físicos y/o fisicoquímicos, estudie y analice tanto la Figura 6 como la Tabla 12.

Figura 6

Descripción de los métodos de aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos



Nota. ICONTEC (2006). Gestión Ambiental residuos sólidos – Guía para el aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos GTC53-7. p.7.

Tabla 12**Alternativas de aprovechamiento por tipo de residuos**

Tipo de generador	Tipo de residuo	Descripción	Métodos posibles de aprovechamiento disponible
Naturales		Residuos de leña Ramaje Follaje	Compostaje Lombricultura Combustión
Agrícola	Actividades pecuarias	Residuos generados por el manejo de animales Estiércol Mortalidad natural	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal
	Agricultura	Residuos vegetales	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal Lecho hidropónico (ej: cascarilla de arroz) Fermentación alcohólica Gasificación Pirólisis Licuefacción
Forestal		Residuos de leña Ramaje Follaje	Compostaje Lombricultura Combustión
INDUSTRIAL	Cárnicos	Salas de beneficio: plumas, escamas, estiércol, sangre, despojos. Salas de corral: estiércol, tamos. Producto deteriorado Desechos y excedentes de proceso	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal
	Lácteos	Grasas Producto deteriorado (devoluciones) Desechos y excedentes de procesos	Compostaje Lombricultura Alimentación animal
	Bebidas alcohólicas	Cascarilla Afrecho Pulpa de papel Levaduras	Compostaje Lombricultura Alimentación animal Gasificación Pirólisis Licuefacción
	Frutas y verduras	Bagazo Cáscara o semilla Residuos provenientes de las barreduras Residuos orgánicos excedentes de proceso	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal Fermentación alcohólica Gasificación Pirólisis Licuefacción
	Grasas	Grasa Tortas de oleaginosas	Fabricación de jabones Alimentación animal Gasificación Pirólisis Licuefacción
	Cereales y otros granos	Afrecho Almidones Bagazo Borra de café	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal Combustión Elaboración de papel Fermentación alcohólica Gasificación Pirólisis Licuefacción

		Bagazo Subproductos	Compostaje Lombricultura Alimentación animal Combustión Elaboración de papel Fermentación alcohólica Gasificación Pirólisis Licuefacción
	Curtiembres	Proceso de pelambre: grasa, pelo y carnaza	Fabricación de jabones Alimentación animal Elaboración de pinceles y cepillos (pelo)
	Otras industrias	Lodos orgánicos provenientes de plantas de tratamiento (incluye aguas provenientes de aguas domésticas).	Aglomerados (viruta - aserrín) Compostaje Lombricultura Alimentación animal Gasificación Pirólisis Licuefacción
Institucional y comercial	Plazas de mercado, actividades turísticas, recreacionales	Residuos orgánicos frescos y procesados Residuos de poda de jardinería	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal Aprovechamiento de aceites vegetales
Domésticos	Hogar	Residuos orgánicos frescos y procesados Residuos de poda de jardinería	Digestión anaeróbica Compostaje Lombricultura Alimentación animal Elaboración de papel Aprovechamiento de aceites vegetales

Nota. ICONTEC. (2006). Gestión Ambiental residuos sólidos – Guía para el aprovechamiento de los residuos orgánicos no peligrosos (GTC 53-7). p.5-6.

1 Métodos biológicos

Se trata de todos aquellos métodos a través de los cuales se logra el manejo adecuado, legítimo y pertinente para el aprovechamiento de los residuos resultantes de los procesos de los seres vivos e inertes y que incluyen degradación de la materia orgánica en productos de valor agregado.

1.1. Compostaje

El compost es el producto de la descomposición natural de la materia orgánica hecha por los organismos descomponedores (bacterias, hongos) y por pequeños animales detritívoros, como lombrices y escarabajos.

Ministerio de Medio Ambiente (2004) Manual Básico para hacer Compost. p.2
<http://www.factoria3.com/documentos/Manual%20basico%20para%20hacer%20Compost.pdf>

1.1.1 Material a introducir.

Para obtener un buen compost, lo mejor es utilizar una gran variedad de materiales, cuanto más triturados estén, más rápido obtendremos el compost. Toda la materia introducida debe ser orgánica. Es recomendable mezclar materiales de rápida descomposición con los de lenta. Los materiales susceptibles de ser compostados son:

Materiales de rápida descomposición: <ul style="list-style-type: none"> • Hojas frescas • Restos de la siega de césped • Estiércol de animales de corral • Malezas jóvenes 	Materiales de descomposición lenta <ul style="list-style-type: none"> • Pedazos de fruta y verdura • Bolsas de infusiones y posos de café • Paja y heno viejo • Restos de plantas • Estiércoles pajizos (caballos, burros y vacas) • Flores viejas y plantas de macetas • Desbroces de estos jóvenes o Malezas perennes o lechos de hámster, conejos y otros animales domésticos (herbívoros) 	Descomposición muy lenta <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de otoño • Desbroces de setos duros • Ramas podadas • Serrín y virutas de madera no tratada • Cáscaras de huevo • Cáscaras de frutos secos • Lanas e hilos naturales • Pelos y plumas • Huesos de frutos (melocotón, aguacate, aceitunas, etc.) Otros materiales <ul style="list-style-type: none"> • Ceniza de madera (espolvorear en cantidades pequeñas) • Cartón, cartones de huevos, servilletas, bolsas y envases de papel • Periódicos (en pequeñas cantidades)
---	---	---

Mejor evitar

- Carne y pescado
- Productos derivados de la leche
- Productos que contengan levaduras o grasas

No utilizar

- Ceniza de carbón y de coque
- Heces de perros y gatos
- Pañales desechables
- Revistas ilustradas
- Restos de aspiradora
- Filtros de cigarrillos
- Tejidos sintéticos

Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino (2004) Manual de compostaje. p.14-16
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.1.2 Preparación del material.

Para la obtención de un buen compost, en el mínimo de tiempo, es conveniente realizar una mezcla muy variada de materiales, lo más triturados posible. En primer lugar, es conveniente fabricar un lecho o una cama de ramas, paja, o cualquier otro material que permita la aireación y no se compacte. Este lecho, de aproximadamente 20 cm, se situará en la base del compostador y su función será la de facilitar la aireación y la entrada de microorganismos al mismo.

A continuación, se introducirá el resto del material, de ser posible, pasado por una biotrituradora o cortado con unas tijeras de podar o normales. Para que alcance las condiciones adecuadas de temperatura, es conveniente llenar al menos la mitad del compostador la primera vez. La relación entre material húmedo y material seco es 2/1, para conseguir así el mantenimiento de la humedad durante el proceso, aunque esto no tiene por qué medirse de una manera estricta.

Para controlar la humedad hay que observar que el material tiene aspecto húmedo, pero no desprende líquido. Las siguientes veces que se introduzca el material nuevo, se mezclará con el material más antiguo, para que este facilite la descomposición del material más fresco. Es importante, al introducir restos de comida, cubrirlos con material antiguo y hojas, para evitar la proliferación de mosquitos de la fruta, que no atacan al ser humano, pero son molestas.

Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino (2004) Manual de compostaje. p.16
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.1.3 Proceso de compostaje.

El proceso de compostaje consiste en la degradación de la materia orgánica mediante su oxidación y la acción de diversos microorganismos presentes en los propios residuos. En la siguiente imagen se visualiza una muestra de compost en distintas fases de maduración: cuanto más oscuro sea el color, mayor nivel de maduración de compost.

Figura 7
Compost



Nota. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.18
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

Este proceso de descomposición de la materia orgánica dura aproximadamente entre cinco y seis meses y en dicho periodo se distinguen las siguientes fases:

• **Fase de descomposición: dividida en fases, que son:**

1) Fase de latencia y crecimiento:

Se trata del período de aclimatación de los microorganismos a su nuevo medio y el inicio de la multiplicación y colonización de los residuos. Esta fase viene durando de dos a cuatro días y se inicia con la degradación por parte de las bacterias de los elementos más biodegradables. Como consecuencia de la acción de estas primeras bacterias mesófilas (actúan a temperaturas medias, aproximadamente hasta 50° C), se comienza a calentar la pila de residuo y se observa la emanación de vapor de agua en la parte superior de la materia vegetal.

2) Fase termófila:

Dependiendo del material de partida y de las condiciones ambientales, el proceso puede durar entre una semana, en sistemas acelerados, y uno o dos meses, en sistemas de fermentación lenta. Como consecuencia de la intensa actividad de las bacterias y el aumento de la temperatura alcanzado en la pila de residuos, se produce la aparición de organismos termófilos (bacterias y hongos). Estos organismos actúan a temperaturas mayores (entre 60 y 70° C), produciendo una rápida degradación de la materia. La temperatura alcanzada durante esta fase del proceso garantiza la higienización y eliminación de gérmenes patógenos, larvas y semillas. Pasado este tiempo, disminuye la actividad biológica y se estabiliza el medio.

3) Fase de maduración:

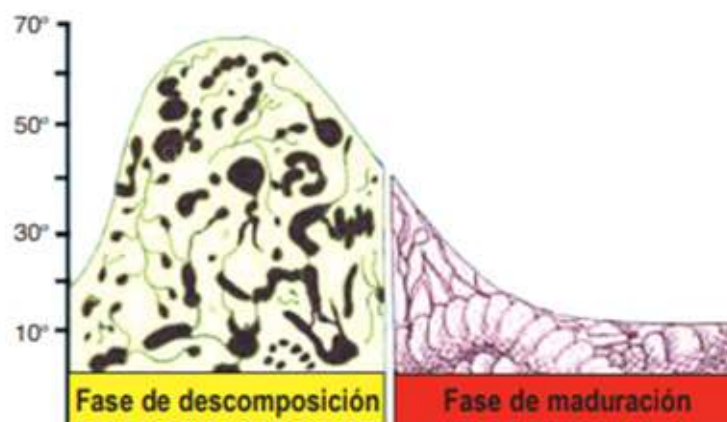
Es un período de fermentación lenta (puede llegar a durar 3 meses), en el que la parte menos biodegradable (la más resistente) de la materia orgánica se va degradando. La temperatura de la pila va disminuyendo lentamente, al igual que la actividad de las bacterias, produciéndose la colonización de la pila por todo un mundo de organismos y microorganismos que ayudan a la degradación de esas partes menos biodegradables del residuo.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.19
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.1.4 Parámetros del proceso de compostaje.

Los factores que intervienen son complejos, pero se pueden señalar como importantes la temperatura, la humedad y la aireación.

Temperatura: Como se comentó anteriormente, en cada fase del proceso intervienen una serie de microorganismos, cada uno de ellos con un rango de temperatura diferente. o Fase de latencia y crecimiento: 15-45 °C, o Fase termófila: 45-70 °C, o Fase de maduración: inferior a los 40 °C.

Figura 8*Comportamiento de la temperatura en el compostaje*

Nota. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.20
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

Humedad: Este factor es indispensable para los microorganismos, ya que el agua es el medio en el que viven, se desplazan y se alimentan. En la práctica del compostaje, siempre se ha de evitar una humedad elevada porque desplazaría al oxígeno y, en consecuencia, el proceso pasaría a ser anaeróbico (ausencia de aire) o, lo que es lo mismo, una putrefacción. Por otra parte, si la cantidad de humedad de la pila de residuo es baja, se produce la disminución de la actividad de los microorganismos y en consecuencia el proceso se retrasa. Hemos de tener en cuenta que el propio calor generado en el proceso provoca la disminución de la humedad. Consideramos como niveles óptimos, humedades del 40 al 60%, dependiendo de la mezcla de materiales más o menos fibrosos del contenido de la pila.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.20
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

Aireación: El oxígeno es fundamental para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. Por ello, el aporte de aire, en todo momento, debe ser idóneo para mantener la actividad microbiana, sin que aparezcan condiciones anaerobias, que, además de entorpecer el proceso, dan lugar a la aparición de olores y a un producto de inferior calidad. Para que no se inicie el proceso anaeróbico, debe superarse un mínimo del 10 % de aireación. Por ello, es importante controlar los materiales introducidos en la pila, ya que muchos de los restos vegetales, en especial el césped, tienden a apelmazarse y provocar putrefacciones

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.20
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.1.5 Cuidados necesarios.

Una vez introducido el material, no son muchos los cuidados necesarios del proceso de compostaje. Cada vez que se introduce nuevo material, es conveniente remover este y mezclar con el material más antiguo. También es conveniente realizar volteos generales, de toda la pila de compost, para permitir la aireación y la correcta mezcla de materiales. Cuanto más a menudo se realicen estos volteos, más rápido avanzará el proceso. Para controlar la humedad, se vigilará el estado del material en distintos puntos del compostador (es común que los laterales estén secos, por el contacto con el aire, y que la parte central contenga más humedad).

Si hay partes de la pila que se observan secas y otras contienen humedad, la solución será realizar un volteo para homogeneizar la proporción de humedad. Si el material se observa seco en toda la pila, será necesario aportar agua externa. Es conveniente mezclar el material de forma simultánea al riego, ya que de esta forma se logra humedecer todo el material. En las épocas donde las temperaturas son más extremas (verano e invierno), es conveniente proteger el material; en verano, situándolo a la sombra, y en invierno, facilitando que le alcance el sol los días que este brilla.

Sin embargo, si esto no fuera posible, no existe ningún problema. Simplemente se ralentizará el proceso durante estas épocas. Existen materiales naturales que actúan como aceleradores del proceso, tales como compost ya maduro, estiércoles de herbívoros, etc. Si se tiene acceso a este tipo de materiales, es conveniente aportarlos, de manera periódica, en cantidades no muy abundantes.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.17
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.1.6 Problemas y soluciones.

Los problemas que pueden presentarse durante el proceso de compostaje son mínimos y de fácil solución, entre los más significativos se destacan:

Tabla 13
Problemas y soluciones

EFFECTO APRECIADO	POSIBLE CAUSA	SOLUCIONES
La temperatura del montón no sube y tiene suficiente humedad	El calor se desprende por falta de material	Añadir más cantidad de material hasta alcanzar las 2/3 partes del compostador. Protegerlo temporalmente con un plástico
El montón está muy húmedo	Exceso de riego Posiblemente se haya mojado por el agua de lluvia	Meter un palo y ahuecar el montón. Si no se resuelve, sacar todo el montón, voltear y mezclar con material seco
El montón está muy seco y no disminuye el volumen	Sequedad en el ambiente Demasiados materiales secos Abandono temporal del compostador	Regar la pila uniformemente Añadir material fresco Sacar el montón, voltear y mezclar con materiales frescos

El montón huele a podrido	Falta de oxígeno Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco
El montón huele a amoníaco	Aporte excesivo de material rico en nitrógeno (césped, restos de comida) Exceso de humedad Proceso anaeróbico	Sacar el montón, voltear y mezclar con material seco
Hay muchas moscas	Exceso de humedad Restos de comida sin cubrir	Cubrir los restos de comida con material seco o tierra
Hay larvas blancas	Larva de mosca Mucha humedad	Reducir la humedad
Presencia de hormigas	Debido a restos de comida Sequedad del montón	Si existe hormiguero: voltear la pila y añadir agua o materiales húmedos
Presencia de roedores	Restos de comida	Eliminar los restos, voltear
Presencia de caracoles o babosas	Humedad del montón o de la zona	Reducir la humedad, en caso de que sean muchas

Nota. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2004). Manual de compostaje. p.24
http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf

1.2. Vermicompostaje o lombricultura

En el proceso de compostaje, utilizamos las lombrices para madurar el compost y producir humus de lombriz o vermicompost. De esta manera, se acelera el proceso y se obtiene un producto más rico en nutrientes y con una riqueza microbiana superior a otros tipos de compost. Generalmente, las lombrices que se utilizan para estas técnicas de tratamiento de residuos son las del género *Eisenia*, sobre todo la llamada lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* y *Eisenia Andrei*). La razón de usar este tipo de lombriz es su gran apetito (puede llegar a comer hasta el 90 % de su propio peso por día), su gran adaptación a diversos climas y su rápida tasa de reproducción.

El vermicompost es un producto muy valioso para la huerta y el jardín debido a sus propiedades fertilizantes y regeneradoras de la sanidad del suelo. Comparado con un compost, presenta sus mismos beneficios, pero en mayor proporción, debido a la acción de las lombrices. Los beneficios del vermicompost o humus de lombriz son los siguientes:

- Aporte de nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas.
- Aporte de materia orgánica.
- Mejora de la estructura de los suelos, facilitando el desarrollo radicular de las plantas.
- Mejora la infiltración y retención del agua.
- Reduce el riesgo a la compactación y a la erosión.
- Actúa como depósito de nutrientes que se van liberando poco a poco para alimentar las plantas.

- Mejora el número de microorganismos que forman relaciones simbióticas con las plantas, incrementando la absorción de nutrientes.
- La abundancia de microorganismos que añade el humus de lombriz en el suelo produce un efecto inhibidor de plagas y enfermedades.

VERMICAN (2012). Manual de vermicompostaje. p.3-4.

<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

1.2.1 La lombriz californiana.

Aunque generalmente se le ha llamado lombriz californiana, esta lombriz es nativa de la gran mayoría de los suelos de regiones templadas. El tipo de lombriz Eisenia es la más comúnmente utilizada en procesos de vermicompostaje, debido a su alto grado de adaptación a diferentes medios, así como a una alta tasa de reproducción. El origen de esta lombriz es euroasiático, y se llevó al continente americano en la época de la colonización. Así, no existe ningún riesgo si se liberan estas lombrices en el suelo, ya que se encuentran de manera natural en nuestros ecosistemas.

Figura 9

Condiciones óptimas de la lombriz californiana



Nota. VERMICAN (2012). Manual de vermicompostaje. p.6.

<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

1.2.2 Elegir la dimensión del vermicompost.

La cantidad de residuos disponibles va a determinar el tamaño del vermicompostador y la cantidad de lombrices que necesitaremos. Se estima una población óptima de 20.000 lombrices por m² de lecho en el vermicompostador. Además, está establecido que una lombriz es capaz de digerir de la mitad a su peso de materia orgánica al día. De esta cantidad, el 50% se transforma en humus. Teniendo en cuenta que cada lombriz pesa alrededor de 1 gr, podemos afirmar que diariamente una lombriz produce 0,5 gramos de humus. Con estos datos, estimamos que, por cada m² de lecho, se gestionan 12 kg diarios de residuo. Estos datos son el rendimiento máximo teórico y dependen de muchos factores, como la temperatura, la humedad, y sobre todo, el tipo de residuo.

Para comenzar el proceso de vermicompostaje, en primer lugar, se preparará el lecho con "material marrón": fibra de coco, hojas secas, aserrín, papel periódico, etc. Humedecemos este material generosamente hasta que está empapado (un nivel adecuado de humedad es aquel que, cuando un puñado de lecho se comprime con la mano, únicamente obtenemos unas cuantas gotas de agua, como una cucharilla de café) y se coloca en el compostador. Después se colocan las lombrices en la superficie del "lecho".

Se estima que la población de lombrices se duplicará después de transcurridos entre dos y tres meses. Por lo tanto, tardaremos más o menos tiempo en disponer de la población óptima de lombrices en función de la cantidad inicial que se aporte. La población de lombrices se regula automáticamente en función del alimento disponible y del espacio, por lo que se considera un ecosistema cerrado que se autorregula.

Una vez colocadas las lombrices, se aportará alimento de forma periódica, de menos a más. Al principio del proceso tendremos menos lombrices de las necesarias para llegar a la capacidad de gestión de residuo máxima del vermicompostador. Al principio, se añadirán pequeñas cantidades, para después ir añadiendo cada vez más, conforme las lombrices se van adaptando y desarrollando. Si se sobrecarga de comida, puede producirse un ambiente perjudicial para las lombrices y generar malos olores y pequeñas molestias para la familia. A la hora de aportar los residuos, es conveniente enterrarlos entre los materiales, para que se degraden más rápidamente. También recomendamos tener a mano un poco de compost o materiales estructurantes para tapar los aportes de fruta y verdura. Esto evitará la aparición de insectos y olores.

En general, se comienza a obtener vermicompost a partir de los 90 días. Sin embargo, la cantidad obtenida será variable según la cantidad de residuos que le hemos ido aportando y cómo se hayan adaptado y reproducido las lombrices.

Puede reconocerse el vermicompost maduro cuando:

- Es de color negro oscuro.
- No se distingue ningún resto inicial.
- Tiene un aspecto parecido a los posos de café.

- Es esponjoso y se deshace en las manos.
- No desprende ningún olor, si acaso a tierra de bosque.

VERMICAN (2012). Manual de vermicompostaje. p.6- 20
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

Figura 10
Compostera con lombrices



VERMICAN (2012). Manual de vermicompostaje. p.16.
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

1.2.3 Mantenimiento.

Aporte de materiales: El aporte de restos puede hacerse de forma diaria o cada varios días, aconsejando una regularidad y no aportar mucha materia de una sola vez. Es importante no aportar demasiados restos al mismo tiempo, ya que las lombrices pueden sufrir los cambios de temperatura y pH.

Humedad: Las lombrices necesitan vivir por lo menos a un 70% de humedad, por lo que tendremos que preocuparnos de que el sustrato esté siempre húmedo. Generalmente, con el aporte diario de restos húmedos de la cocina (frutas, verduras), no será necesario regar. Si por el contrario el vermicompostador está demasiado húmedo, puede ser un inconveniente y dificultar la respiración de las lombrices. En este caso, habrá que aportar materiales secos como papel periódico, servilletas, cartón, hojas secas, etc.

Temperatura: La temperatura ideal para las lombrices varía entre 15 y 25 °C, aunque puede soportar rangos de temperatura mayores. A bajas temperaturas invernales, pueden aletargarse e incluso morir, aunque los huevos pueden sobrevivir y nacer cuando lleguen las temperaturas primaverales. Pero siempre será mejor mantener las lombrices en el interior del domicilio para asegurar su supervivencia. En sistemas exteriores, puede aportar un volumen grande de residuos frescos o estiércol, que aportarán calor a la mezcla, o incluso utilizar sistemas calefactores, como mantas eléctricas.

Mantener oscuro: Las lombrices son fotofóbicas y esto quiere decir que no soportan la luz. Por lo tanto, un vermicompostador siempre tendrá que ser opaco, para evitar la entrada de luz. Cuanto menos se abra la tapa del vermicompostador, mejor.

Evitar vibraciones: Las lombrices son muy sensibles a los cambios de presión y a las vibraciones. Los días de lluvia, podremos ver cómo las lombrices suben a la superficie del sustrato y se acumulan en las paredes. Habrá que evitar colocar el vermicompostador cerca de electrodomésticos como la lavadora y también evitar zonas de paso como los pasillos. Cuanto más tranquilas y en paz vivan las lombrices, mejor y más comerán.

Remover el material. Es recomendable, de vez en cuando, remover el material para mezclar los materiales frescos con los descompuestos y así acelerar el proceso. Al hacerlo, evitaremos también el apelmazamiento. No obstante, esto debemos hacerlo de vez en cuando y no de manera frecuente. Si removemos con demasiada frecuencia, en vez de acelerar la descomposición, estamos molestando a las lombrices y despistándolas de su trabajo.

¡Cuidado! No se debe hacer:

- Usar plantas tratadas con pesticidas o muy enfermas: Algunos tratamientos pueden resultar tóxicos para las lombrices.
- Usar cáscaras de cítricos y de piña: Las lombrices son sensibles a las bajadas de pH por acidez.
- El ingreso de hormigas, tijeretas o aves al vermicompost puede matarlas.
- Poca o mucha comida en el compost.
- Falta de oscuridad.
- No hay control de temperaturas, como las heladas a la intemperie.
- El volteo debe ser cuidadoso, preferiblemente con la mano, ya que se pueden partir con elementos mecánicos u otros y lastimarlas o matarlas.

Tabla 14
Problema y soluciones

PROBLEMA	SOLUCIÓN
Huele mal	Hace falta oxígeno. Airear bien la mezcla y añadir lecho (hojas secas, periódico, etc.).
Hay muchas moscas e insectos	Remover y enterrar los restos más frescos. Puede ser útil colocar una cobertura con periódico u otro material seco.
Está muy húmedo	Añadir lecho (hojas secas, periódico, etc). No dejar la tapa abierta, porque las lombrices se alteran.

Hay muchas hormigas	Significa que está muy seco. Regar en abundancia hasta que empape bien.
Los alimentos no se descomponen	Comprobar que el material tiene una humedad correcta. Si la humedad es correcta y hay alimento, esperar a que las lombrices se adapten y reproduzcan.
Las lombrices no se adaptan y se acumulan cerca de la tapa	Quiere decir que las condiciones no son adecuadas para las lombrices. Puede ser que haya acumulación de alguna sustancia tóxica. Regar abundantemente el sustrato y extraer los lixiviados. Añadir lecho y remover. Dejar reposar para que las lombrices se adapten.

Nota. VERMICAN (2012). Manual de vermicompostaje. p.23
<http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/campus/doc/htmls/sostenibilidad/ManualVermicompostaje.pdf>

2. Digestión anaeróbica

Al igual que otras estrategias de aprovechamiento, en este caso, los residuos sólidos orgánicos se descomponen por la acción microbiana, la diferencia radica en que, para la digestión anaeróbica, el proceso se realiza en ausencia de oxígeno y de luz, y como resultado se obtiene biogás. Para este proceso, es importante que los residuos sólidos orgánicos estén protegidos del agua. De acuerdo también con las características de la materia prima que se trate, el biogás obtenido tendrá diferente composición; sin embargo, el principal componente será el metano, que se encontrará en una concentración entre el 50 y el 70%.

La digestión anaerobia se realiza en tres fases:

- Hidrolítica: es la fase inicial, los microorganismos descomponen los carbohidratos, lípidos y proteínas, convirtiéndolos en azúcares.
- Ácida: se forman formiatos, acetatos y propionatos, también se puede formar etanol, hidrógeno y gas carbónico; el pH en esta fase tiende a bajar a valores menores de 5.
- Metanogénica: las bacterias anaerobias actúan sobre el sustrato de la fase anterior, formando metano y gas carbónico.

3. Procesos termoquímicos

En este tipo de procesos, se mezclan dos principios, los cuales son: la descomposición de la materia orgánica en moléculas más pequeñas y el uso del calor para lograr dicha descomposición. Entre los procesos más relevantes se encuentran:

3.1 Combustión para generación de energía

En este proceso, se queman los residuos sólidos orgánicos en una caldera, para producir vapor a alta presión, que posteriormente se utiliza para generar electricidad. Hay dos sistemas para hacer la quema de residuos, estos son: de parrilla, donde los residuos se queman sobre una rejilla, tienen movimiento y permite la remoción de ceniza; y el sistema de lecho fluidizado, donde los residuos arden en un lecho de arena u otro mineral agitado fuerte por el aire de combustión, en este sistema, los residuos son alimentados a tasas controladas, para mantener una temperatura entre 800 y 900 °C.



En algunas ocasiones, los residuos también se pueden quemar en conjunto con combustibles fósiles de plantas existentes, para reducir las emisiones de contaminantes al aire.

3.2. Gasificación

En este proceso, se convierten los residuos sólidos orgánicos en combustibles gaseosos por la oxidación parcial a temperaturas que llegan a 1000 °C, en presencia de pequeñas cantidades de aire.



El gas que se obtiene de este proceso se conoce como gas pobre, debido a que el poder calorífico es bajo, en un rango de 1100 a 1300 kcal/m³.

Cuando el biogás se obtiene a partir de este proceso, se debe limpiar antes de utilizar en cualquier motor, turbina o caldera, debido a que puede arrastrar partículas de los residuos de los que se generó.

3.3. Licuefacción

Es el proceso mediante el cual, a partir de residuos sólidos orgánicos, se producen combustibles líquidos. Se puede hacer mediante dos métodos:



- Licuefacción indirecta: es cuando se produce metanol o hidrocarburos, es una fase sucesiva a la gasificación. Cuando se realiza este proceso, se obtiene un material con un poder calorífico de 500 kcal/kg, que se utiliza en la industria automotriz.
- Licuefacción directa: a través de esta técnica, se pueden obtener líquidos orgánicos oxigenados, como aceites pesados. Cuando se realiza este método, el poder calorífico del producto oscila entre 7000 y 8000 kcal/kg.

3.4. Pirólisis

En este proceso térmico, se realiza una combustión incompleta de los residuos orgánicos en ausencia de oxígeno, la temperatura de este proceso está alrededor de los 500 °C. El producto que se obtiene es un carbón vegetal, y como subproducto, se genera también un gas pobre de óxidos de carbono, hidrógeno e hidrocarburos ligeros.



Las instalaciones donde se realiza la pirólisis se conocen como gasógenos. En estas empresas, normalmente, el carbón se comercializa, mientras que el gas de débil poder calorífico se emplea nuevamente en las etapas de precalentamiento de los residuos.

4. Procesos fisicoquímicos y de fermentación

Finalmente, cuando se habla de aprovechamiento fisicoquímico de los residuos sólidos, se combinan técnicas de cambios en presión o temperatura, con adición de productos químicos e, incluso, en algunos casos, de enzimas específicas para la obtención de un producto. Dentro de las principales formas de aprovechamiento de residuos orgánicos a partir de procesos físico químicos, se encuentra la fermentación.

Esta se trata de la obtención de etanol a partir de azúcares, almidón y celulosa, por la acción de fermentos que reaccionan en presencia del aire. Para lograr una cantidad óptima de alcohol, se deben utilizar residuos orgánicos azucarados, tales como residuos de caña de azúcar o remolacha. Estos, debido a su naturaleza, pueden ser utilizados directamente para el proceso de fermentación.

Cuando se tienen residuos amiláceos, como, por ejemplo, los cereales, se reciben y se les remueven las impurezas que puedan tener; luego, pasan a una trituración para disminuir el tamaño de las partículas, entran a un proceso conocido como hidrólisis enzimática, donde se realiza la fermentación. Cuando se obtiene la cantidad de alcohol óptima, este se destila para obtener concentraciones mayores que pueden ser utilizadas a nivel industrial.

En caso de tener residuos lignocelulósicos, tales como la madera o la paja después de la trituración, la hidrólisis se debe hacer en medio ácido, para favorecer la descomposición de las moléculas más grandes. Independientemente del tipo de residuo que se utilice, el etanol producido se puede utilizar para mezclarse con gasolina, sin que se exceda en un 10% la mezcla.