

Manejo Ecológico del Suelo

Dra. Andrea Brechelt
Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA)



**Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina
(RAP-AL)**

Agradecimiento

A los/as amigos/as de la Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL), que nunca se rinden.
La Autora

Título: Manejo Ecológico del Suelo

**Autora: Dra. Andrea Brechelt
Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA)
República Dominicana**

**Edita: Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina
(RAP-AL)
Av. Providencia No. 365 Dpto.41, Santiago de Chile, Chile
Tel./Fax: 56-2-341 6742
rapal@rapal.cl**

**Primera Edición: Agosto de 2004
Impresión:**

Revisión: María Elena Rozas, Agnes Valvekens.

**La publicación de este Manual fue posible gracias al apoyo de:
HIVOS, SSNC, Fondo Biodiversidad**

Índice

1. Las características de las materias orgánicas en el suelo

2. **Medidas para conservar y mejorar la fertilidad del suelo**

2.1 Abonos Orgánicos

2.1.1 Compost

2.1.1.1 *Condiciones óptimas para la producción de compost*

2.1.1.2 *Utilización del compost*

2.1.1.3 *Aplicación*

2.1.2 Bocaschi

2.1.2.1 *Materiales que se utilizan y sus características*

2.1.2.2 *La preparación*

2.1.2.3 *La aplicación*

2.1.2.4 *Posibles problemas en la preparación*

2.1.3 Humus de lombrices

2.1.3.1 *Instalación de la lombricultura*

2.1.3.2 *El uso del humus de lombriz*

2.1.3.3 *Las características del humus de lombriz*

2.1.4 Estiércol

2.1.4.1 *Composición del estiércol*

2.1.4.2 *Manejo del estiércol*

2.1.4.3 *Aplicación del estiércol*

2.1.4.4 *Desventajas*

2.1.5 Mulch

2.1.5.1 *Materiales que se pueden utilizar*

2.1.5.2 *Efectos del mulch*

2.1.5.3 *Cantidades aplicables*

2.1.5.4 *Tiempo de aplicación*

2.1.6 Abono Verde

2.1.6.1 *Siembra del abono verde*

2.1.6.2 *Incorporación del abono verde*

2.1.6.3 *Ventajas del abono verde*

2.1.7 Cama orgánica

2.2 Diseño de la vegetación

2.2.1 Cultivos mixtos

2.2.2 Ventajas de los cultivos mixtos

2.3 Otras técnicas para mejorar la fertilidad del suelo

2.3.1 *El biodigestor/El Biol*

2.3.2 *Los biofertilizantes*

2.3.3 *Los hongos micorríticos*

2.4 El sistema integral de nutrición de plantas

3. **Literatura consultada**

1. Las características de las materias orgánicas en el suelo.

La materia orgánica del suelo es uno de los factores más importantes para determinar la productividad del suelo en forma sostenida. Especialmente en las regiones tropicales, donde las temperaturas elevadas y, en algunas zonas, la alta humedad aceleran la descomposición, el manejo adecuado de la materia orgánica en los suelos es todavía más importante. Representa una estrategia básica para darle vida al suelo, porque sirve de alimento a todos los organismos que viven en él, particularmente a la microflora responsable de realizar una serie de procesos de gran importancia en la dinámica del suelo, en beneficio del crecimiento de las plantas.

Definición de la materia orgánica del suelo:

La materia orgánica del suelo está constituida por todo tipo de residuos orgánicos (vegetal o animal) que es incorporado al suelo.

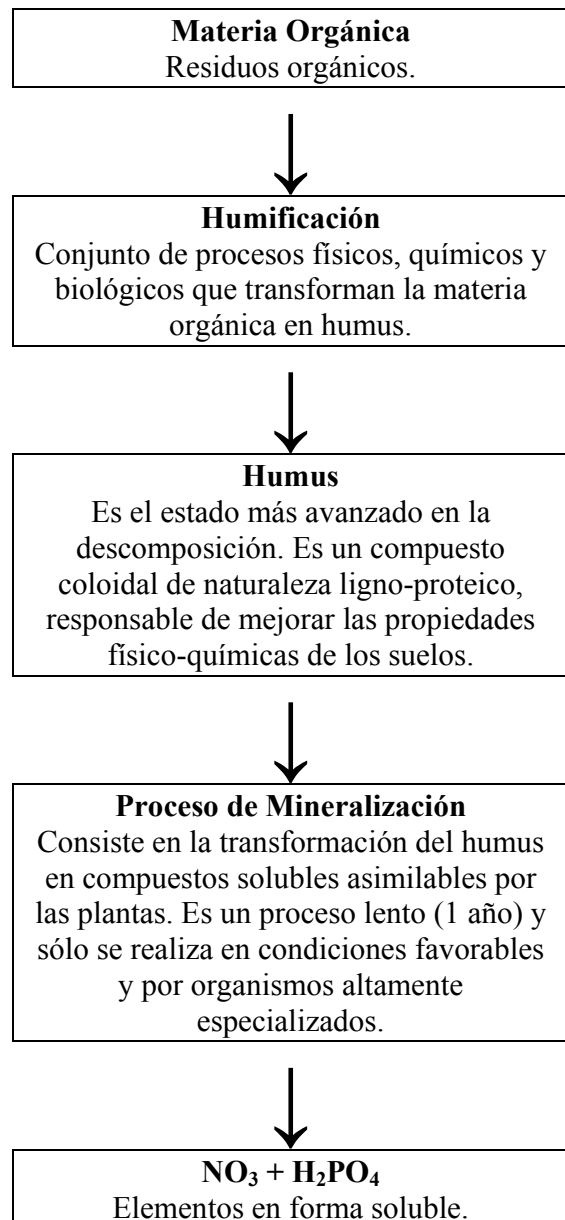
Fuentes de materia orgánica:

- Residuos actividad ganadera: Estiércoles, orines, pelos, plumas, huesos, etc.
- Residuos actividad agrícola: Restos de cultivos, podas de árboles y arbustos, malezas, etc.
- Residuos actividad forestal: Aserrín, hojas, ramas y ceniza.
- Residuos actividad industrial: Pulpa de café, bagazo de la caña de azúcar, etc.
- Residuos actividad urbana:

Basura doméstica, aguas residuales y materias fecales.

- Abonos orgánicos preparados: Compost, estiércol, bocaschi, humus de lombrices, mulch, abono verde, etc.

Procesos de descomposición:



Composición de la población biológica del suelo:

Fauna:

- Macrofauna (tamaño mayor de 10.4 mm.)
Roedores, lombrices, etc.
- Mesofauna (de 0.6-10.4 mm.)
Insectos, Arañas, etc.
- Microfauna (menos de 0.60 mm.)
Nemátodos, protozoos, etc.

Flora:

- Macroflora
Plantas superiores.
- Microflora

Bacterias, hongos, actinomicetos, algas.

Proporción de la población biológica del suelo:

Fauna 20%

(Lombrices 12%, Macrofauna 5%,
Mesofauna y Microfauna 3%)

Flora 80%

(Hongos y algas 40%, Bacterias y
actinomicetos 40%)

Función de la flora y fauna del suelo:

Bacterias

Grupo más importante, sus funciones son:

- Descomposición de la materia orgánica p.e. en el compost, específicamente en la fase termofílica.
- Fijación de nitrógeno en forma simbiótica (*Rhizobium ssp.*) y en forma libre (*Azotobacter ssp.*, *Azospirillum ssp.* etc.).
- Nitrificación (*Nitrosomas ssp.* y *Nitrobacter ssp.*)

Hongos

Existen en gran cantidad en el suelo. Sus funciones son:

- Descomposición de la materia orgánica, incluyendo algunos tipos que no pueden ser atacados por las bacterias.
- Participación en la síntesis de humus.
- Solubilización de minerales a partir de rocas o minerales.
- Asociación con raíces de plantas en forma de una micorriza para facilitar la asimilación de nutrientes en suelos muy pobres.
- Control de algunas enfermedades y plagas.

Algas:

Son vegetales microscópicos que forman conglomerados visibles. Para su desarrollo necesitan agua, luz y minerales.

- Fijación de nitrógeno (algunas especies).
- Participación en el proceso de formación del suelo.

Actinomicetos;

Son hongos incompletos con las funciones siguientes:

- Descomposición de sustancias resistentes.
- Participación en la producción de humus.
- Producción de antibióticos para mantener el equilibrio entre los microorganismos.

Lombrices de la tierra

Son los animales más comunes en los suelos y cumplen con las siguientes funciones:

- Mejoramiento de la aireación, infiltración y distribución del agua.
- Mezcla de las fracciones orgánicas con las minerales.

- Producción de un compuesto que mejora la estructura edáfica y la formación de compuestos húmicos.

Lombricillas o Enquitreidos

Existen especies predatoras. Ayudan a controlar nemátodos.

Coleópteros

Si son predadores ayudan a controlar moscas, babosas y caracoles.

Acaros o Arañitas

Trituradores y predadores de importancia.

Nemátodos

Animales microscópicos que necesitan alimentarse de tejidos vivos por obligación. Controlan hongos y bacterias protozoos. Una gran cantidad de ellos son fitoparásitos.

Protozoos

Como se alimentan de las bacterias, ayudan a regular la población de éstas. Necesitan agua para moverse y vivir.

Función de la materia orgánica en los suelos:

- Aporte de nutrientes esenciales (N, P, K, S, Bo, Co, Fe, Mg entre otros).
- Activación biológica del suelo.
- Mejoramiento de la estructura del suelo y, por tanto, del movimiento del agua y del aire.
- Fomento de las raíces.
- Incremento de la capacidad de retención de humedad.
- Incremento de la temperatura.
- Incremento de la fertilidad potencial.
- Estabilización del pH.
- Disminución de la compactación del suelo.
- Reducción de la erosión externa y interna.

2. Medidas para conservar y mejorar la fertilidad del suelo.

Un buen suelo es esencial para una buena cosecha. El suelo debe tener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, y una estructura que las mantenga firmes y derechas. La estructura del suelo debe asegurar suficiente aire y agua para las raíces de la planta, pero debe evitar el exceso de agua mediante un buen drenaje.

La mayor parte de los nutrientes se recicla por las raíces de la planta y vuelven al suelo a través de las hojas que caen de la misma. Lombrices, insectos y pequeños organismos, como los hongos, alimentan también el suelo con materia orgánica y lo cambian para producir humus. Esto hace que la capa inferior del suelo sea oscura y tenga una buena estructura. El humus se pierde rápidamente si al suelo se lo deja expuesto al aire por mucho tiempo sin ninguna cobertura. El subsuelo es generalmente menos fértil.

Tipo de suelo	Funciones	Mejoramiento
Arenoso	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura pobre. • Fertilidad pobre. • No puede retener agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir materia orgánica y fertilizante. • Usar abono origen animal.
Areno-arcilloso	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura pobre. • Buena fertilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir materia orgánica.
Arcilloso	<ul style="list-style-type: none"> • Secado lento. • Retiene mucha agua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Añadir materia orgánica y compost.

Hay suelos que son naturalmente fértiles, tales como las planicies de los ríos o tierras volcánicas, pero en muchos lugares el suelo es naturalmente de poca

fertilidad o tiene pérdida de nutrientes debido a limpieza, quemas regulares o producción continua de cultivos sin la aplicación de fertilizantes. Para alcanzar una producción importante de cultivos, un agricultor debe mejorar la fertilidad y la estructura del suelo.

Los nutrientes, tales como el nitrógeno (N), el fósforo (P), el potasio (K) y otros, son esenciales para el crecimiento de las plantas. Como en una explotación agrícola, por las cosechas intensivas, hay pérdidas de nutrientes, es necesario de una u otra forma reponerlos al suelo. Hay que entender los ciclos de los nutrientes en el suelo, y cómo influyen el clima y el cultivo en este proceso.

Función de los macronutrientes:

	Función	Síntomas de deficiencia	Fuentes
N	<ul style="list-style-type: none"> • Crecimiento de hojas y tallos. • Resistencia a plagas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas pálidas y amarillas. • Caída de hojas. • Crecimiento pobre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Compost • Desechos animales. • Abono verde.
P	<ul style="list-style-type: none"> • Maduración temprana de semillas y frutos. • Formación de raíces y resistencia a sequías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Poco crecimiento. • Enfermedades. • Formación pobre de brotes y flores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gallinaza • Ceniza. • Huesos de animales pequeños
K	<ul style="list-style-type: none"> • Raíces y tallos fuertes. • Semillas y hojas gruesas. • Ayuda a mover los nutrientes en la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas arrugadas. • Inesperada maduración. • Crecimiento pobre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ceniza. • Compost. • Hojas de banano.

En la mayoría de los casos la escasez de uno o más nutrientes se resuelve hoy con

la aplicación de fertilizantes inorgánicos. Tienen la ventaja de que contienen los nutrientes disponibles de inmediato, se puede controlar fácilmente la cantidad y las proporciones y, además, requieren muy poca mano de obra adicional. La desventaja es que son caros, hay peligro de sobrefertilización, no tienen ningún efecto positivo sobre la estructura del suelo, hay grandes pérdidas por las lluvias, en muchos casos no hay efecto residual y, por tanto se produce la necesidad de fertilizar con mucha frecuencia.

Para obtener un suelo con un alto nivel de productividad a largo plazo, el uso de los abonos orgánicos es mucho más recomendable. En comparación con los abonos químicos, no pueden resolver inmediatamente una deficiencia nutricional específica y necesitan tiempo de preparación y descomposición, además de planificación. Pero por otro lado mejoran a largo plazo el contenido de los nutrientes y la estructura del suelo, estabilizan el pH y fomentan un círculo natural de fijación, descomposición y liberación de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos. Así mejoran la productividad de un terreno a largo plazo sin grandes inversiones económicas.

Pero no se trata de sustituir los abonos químicos por abonos orgánicos solamente, sino de un manejo adecuado de la fertilidad del suelo. Son muchas las premisas que se debe tomar en cuenta para manejar ecológicamente el recurso suelo. Los distintos tipos de suelo en las diferentes regiones del país requieren prácticas de manejo específicas que responden a su capacidad de uso y su grado de susceptibilidad a la degradación. Estas medidas deben estar orientadas a evitar la eliminación de la cobertura

vegetal, evitando el sobrepastoreo, la deforestación y la quema. De igual manera se debe reducir la labranza intensiva, el uso de fertilizantes sintéticos y evitar el uso de plaguicidas, con el propósito de mantener y conservar la fertilidad natural de los suelos. En este sentido, los principios a ser considerados para lograr este objetivo son:

Principios ecológicos:

- La diversificación productiva en el espacio y el tiempo.
- La conservación efectiva y el mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- La minimización de la tasa de degradación física, química y biológica del suelo.
- El fomento de la actividad de los microorganismos simbióticos y asimbióticos para incrementar la disponibilidad de los nutrientes en el suelo.

Principios socioeconómicos:

- La aspiración de todos los agricultores es lograr una producción estable y con altos niveles de rentabilidad. No siempre la conservación del suelo es un objetivo. Por tanto, deberían usarse tecnologías sencillas y económicas que se adapten fácilmente a los sistemas de producción.
- El desarrollo de tecnologías competitivas con resultados económicos y otros beneficios a corto y mediano plazo.
- Lograr la mayor participación posible de los agricultores en la toma de decisiones y compartir con ellos la necesidad de manejar ecológicamente el recurso suelo como principio de estabilidad productiva y económica.
- El uso de conocimientos ya existentes de los agricultores y no introducir

tecnologías completamente nuevas. Existen muchas técnicas para el manejo del suelo que se han mantenido a través del tiempo, por ejemplo, la rotación y la asociación de los cultivos.

- El enfoque debería ser siempre evitar el deterioro de la fertilidad del suelo.

Siguiendo estos principios los lineamientos para garantizar la fertilidad del suelo son:

- Diversificación de los sistemas de producción.
- Incremento de la cobertura vegetal viva o muerta.
- El reciclaje de los recursos orgánicos.
- El uso de abonos verdes.
- El uso de microorganismos y la fertilidad del suelo.
- La labranza mínima para mantener la fertilidad biológica.

Algunos ejemplos específicos de tecnología están descritos en los próximos capítulos de este folleto.

2.1 Abonos Orgánicos

En varios experimentos realizados en diferentes partes del mundo se ha podido ver que el uso de abonos orgánicos puede mejorar la estructura del suelo y el contenido de nutrientes, disminuir la erosión y mejorar la alimentación de las plantas, dando como resultados mayores rendimientos y menos susceptibilidad a las plagas. Además, estabilizan el pH del suelo.

Las condiciones ambientales, la vegetación natural, el tipo de suelo y los métodos que se utilizan para la agricultura son decisivos para el éxito del uso de abonos orgánicos.

Lo siguiente puede dar una idea sobre lo que es abono orgánico y para qué sirve.

2.1.1 Compost

El compost suministra todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, no tiene efecto negativo para los seres humanos, los animales o el medio ambiente, y es prácticamente imposible sobredosificarlo. La preparación de compost es la mejor forma de aprovechar desechos orgánicos para convertirlos en un fertilizante que también mejora notablemente la estructura del suelo y así evite tanto la erosión de los nutrientes como la erosión superficial del suelo.

La instalación de composteras depende generalmente de las condiciones ambientales y de la materia orgánica disponible para la preparación. A continuación se describen en términos generales las condiciones óptimas, pero los diferentes componentes hay que definirlos en el campo. Se puede usar todo tipo de materiales tanto de origen vegetal, animal, como mineral. Según la estructura que tengan, varía la estructura interna del compost y esto influye en el proceso de descomposición. La riqueza en nutrientes del compost depende también del contenido de nutrientes de la materia prima. Por lo tanto, se puede ver la importancia de la materia básica. No es posible esperar más del compost terminado que de la materia prima que estamos dispuestos a poner en la compostera.

2.1.1.1 Condiciones óptimas para la producción de compost

La materia prima debería ser una mezcla muy buena de diferentes tipos de residuos

orgánicos. Al final, esta mezcla produce la riqueza en nutrientes del compost y un desarrollo óptimo de la descomposición.

Como materia de origen es posible utilizar:

- Paja, follaje.
- Restos de la cosecha y del deshierbo.
- Plantas, pequeños trozos de madera.
- Desperdicios domésticos.
- Suelo.
- Estiércol de todos los animales (Atención: el estiércol de crianza intensiva puede contener hormonas y antibióticos y, por tanto no es recomendable utilizarlo).
- Heces humanas.

También se pueden utilizar:

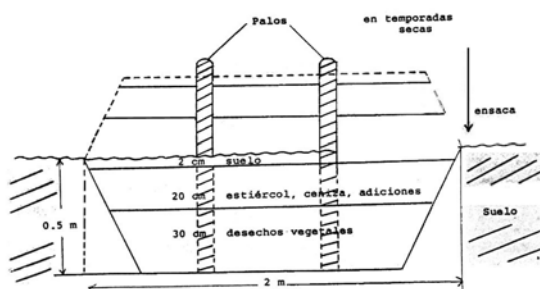
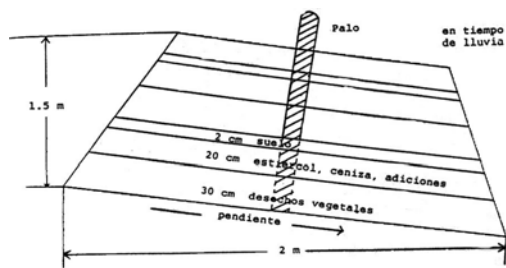
- Ceniza, cal y nitrógeno para enriquecer el compost con sustancias nutritivas.
- Compost acabado y nitrógeno para acelerar la descomposición.

Teniendo el material suficiente se prepara la pila de compost en capas, de la siguiente manera:

- Capa 1: desechos vegetales (unos 30 cm).
- Capa 2: ceniza, estiércoles, adiciones (unos 20 cm).
- Capa 3: suelo (unos 2 cm).

Se repiten las capas en el mismo orden, hasta que se terminen los materiales.

Dibujo 1: la preparación del compost (Fuente: Brechelt, A. 1996)



Para producir un compost óptimo, es necesario alcanzar una temperatura elevada porque ésta es muy importante para la descomposición rápida y para matar las semillas de las hierbas y agentes patógenos que causan enfermedades a las plantas cultivadas.

Los microorganismos necesitan oxígeno para vivir. Y para enriquecer la pila de compost con aire se necesita:

- Cambiar de sitio la pila de compost por lo menos una vez al mes, según la necesidad y la disponibilidad de mano de obra.
- Que una parte de la materia orgánica tenga una buena estructura y una longitud entre 7 y 15 cm.
- Que la pila no sea demasiado grande, 2 metros de ancho, 1.5 m de altura y el largo de acuerdo a la cantidad de materia orgánica.
- Que la pila del compost no esté demasiado mojada. Es indispensable como medidas preventivas contra la lluvia, por ejemplo, que la cubierta de

la pila y la pendiente permitan que el agua pueda escurrir libremente.

Además, los microorganismos necesitan agua para vivir, por lo que se requiere:

- La aplicación de agua al inicio y durante los cambios de sitio.
- Una capa de suelo para evitar la evaporación.
- La construcción del pozo en la sombra, debajo de los árboles o con la protección de edificios.

La relación entre carbono y nitrógeno deberá ser 20-30:1. Para evitar un análisis costoso esta relación se controla por la mezcla de materias primas con diferentes contenidos de nitrógeno.

Relación Carbono: Nitrógeno de diferentes sustancias orgánicas

- Leguminosas 12:1
- Tallos de maíz 60:1
- Restos de comida 15:1
- Restos de frutas 35:1
- Gramíneas 19:1
- Hojas 80-40:1
- Paja de cereales 80:1
- Papel 170:1
- Estiércol 20:1
- Aserrín 500:1
- Madera 700:1
- Humus 10:1

2.1.1.2 Utilización del compost

La madurez y la forma de aplicación del compost son muy importantes al momento de utilizarlo.

Criterios de madurez

Estos criterios son decisivos para juzgar si el compost está listo o no:

- El material final debe ser muy homogéneo. No debe notarse el material de origen que se utilizó al inicio de la preparación.
- El compost tiene un olor parecido a la tierra de los bosques. Esto es causado por los *Actinomyces* que también están en esta tierra.
- La temperatura en el montón debe ser igual a la que está alrededor del montón, porque la transformación de los nutrientes causada por los microorganismos está concluida.

Además, debe conocerse qué resultados se desean obtener con la aplicación del compost. Cuando se utiliza el compost fresco, los microorganismos en el suelo transforman los nutrientes muy rápido y las raíces de las plantas pueden asimilarlas inmediatamente; pero el compost no es útil para fomentar la estructura del suelo.

Cuando el compost es más viejo, los nutrientes, especialmente el nitrógeno, están fijados en la fracción húmica y los microorganismos del suelo tienen que transformarlos lentamente y durante un tiempo más largo. Este compost es bueno para cultivos que tienen un tiempo de vegetación muy largo y para mejorar la estructura del suelo. Cuanto más viejo sea el compost más lenta es el proceso de transformación en el suelo. El tiempo que dure un compost desde su instalación hasta su madurez depende de la materia prima, el manejo de la compostera y las condiciones climáticas y varía entre 3 meses y 1 año.

2.1.1.3 Aplicación

Según el objetivo que tenga la fertilización con compost, éste se puede usar hasta 4, 5 ó más meses de haberlo preparado. En los cultivos existen tres formas y etapas de aplicación:

- Antes de la siembra, durante la preparación del suelo, para mezclarlo con la tierra y para mejorar la estructura del suelo si se ha preparado mucho compost. En hortalizas y tubérculos se puede aplicar 4 a 8 toneladas de compost por hectárea.
- En el momento de la siembra o el trasplante, poniéndolo cerca de las semillas o las plántulas para fomentar el crecimiento de las raíces. En cultivos permanentes como café, cacao, guineo/banano y frutales, se aplica 2 a 5 kg por planta.
- Durante el deshierbe, poniéndolo junto a las plantas para impulsar su crecimiento.

Generalmente son preferibles las últimas dos formas, porque no es posible preparar gran cantidad de compost por la falta de la materia de origen, especialmente en la zona seca del país. La aplicación se hace con la mano. Previamente se pueden coleccionar los materiales que no se han descompuesto, como trozos de madera que se han usado para mejorar la estructura del montón. Este material se puede utilizar para iniciar el proceso de descomposición en otra compostera, porque contiene todas las bacterias y hongos que causan la transformación de la materia orgánica.

El compost se puede usar en todos los cultivos y en cualquier etapa, porque la liberación de nutrientes por la transformación del compost en el suelo se adapta a las necesidades de las plantas. En tiempos de calor, es cuando las plantas crecen más, también la transformación de

la materia orgánica es más rápida y entrega los nutrientes en suficiente cantidad a las raíces de los cultivos. No hay problemas de sobrefertilización o de una aplicación inadecuada para las plantas.

2.1.2 *Bocaschi*

El Bocaschi es un abono orgánico fermentado que, en comparación al compost, pasa por un proceso de descomposición más acelerado y se consigue el producto final más rápido.

Para obtener un abono de buena calidad se utiliza una gran variedad de materiales orgánicos.

2.1.2.1 *Materiales que se utilizan y sus características*

- **Carbón:** mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra y es capaz de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo. Para facilitar el proceso, el material debe ser uniforme, de 1 pulgada de largo y media pulgada de diámetro, aproximadamente.
- **Gallinaza:** El estiércol o guano de gallinas es la principal fuente de nitrógeno y mejora la fertilidad del suelo aportando fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. La mejor gallinaza es de la cría de gallinas ponedoras bajo techo y con piso

cubierto. También se puede utilizar cualquier otro tipo de estiércol.

- **Cascarilla de arroz:** facilita la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Aumenta la actividad macro y microbiológica de la tierra y estimula el desarrollo del sistema radicular de las plantas. Es una fuente de sílice y favorece así la resistencia de las plantas contra plagas y enfermedades. Corrige la acidez del suelo y es una fuente constante de humus. Este material puede ocupar hasta un 33% del volumen de los ingredientes y es importante para controlar los excesos de humedad. Puede ser sustituida por cascarilla de café o pajas secas trituradas.
- **Melaza de caña:** es la principal fuente de energía para la fermentación de los abonos orgánicos. Multiplica la actividad microbiológica y es rica en potasio, calcio, magnesio y micronutrientes. Al aplicarla puede ser mezclada con el agua que se utiliza al inicio del proceso para mojar el montón.
- **Levadura/tierra de bosque/bocaschi:** estas son las principales fuentes para inocular el abono con todos los microorganismos que se necesitan para iniciar la fermentación. Lo más recomendable es la utilización de una buena cantidad de bocaschi, de la preparación anterior, con una cantidad determinada de levadura para acelerar el proceso de fermentación en los primeros dos días. Puede ser levadura granulada que es más fácil de conservar.
- **Tierra:** por lo general ocupa cerca de 33% del volumen del abono. Ayuda en la homogeneidad física y a la distribución de la humedad en el material. Con su volumen aumenta la actividad microbiológica y ayuda a

producir una buena fermentación. Retiene, filtra y libera gradualmente nutrientes a las plantas y fortalece así un desarrollo equilibrado del cultivo.

- **Carbonato de calcio o cal agrícola:** regula el pH durante el proceso de fermentación y también aporta, dependiendo de su origen, una buena cantidad de minerales.
- **Agua:** homogeniza la humedad de los diferentes materiales y fomenta las condiciones ideales para el proceso. El exceso o escasez de agua daña el éxito de una buena fermentación. Al apretar la mezcla con la mano no deberían salir gotas de agua entre los dedos, pero deberá formar un terrón quebradizo en la mano. Si se ha utilizado demasiada agua, se puede eliminar la humedad que sobra, aplicando más cascarilla de arroz.

La preparación de los abonos orgánicos fermentados se debe hacer en un local que esté protegido del sol, el viento y la lluvia. El piso debería ser de ladrillo o de cemento.

El proceso normalmente tiene una duración de 10 a 15 días.

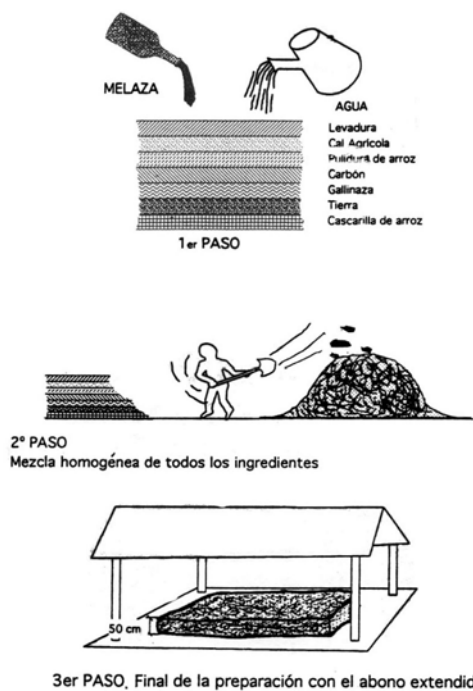
Las cantidades de los diferentes materiales son los siguientes:

Ejemplo:

- 2 quintales de tierra
- 2 quintales de cascarilla de arroz o de café
- 2 quintales de gallinaza (aves ponedoras)
- 1 quintal de carbón (partículas pequeñas)
- 10 libras de carbonato de calcio
- 10 libras de tierra negra o bocaschi terminado
- 1 litro de melaza

- 100 gramos de levadura granulada
- Agua de acuerdo a la prueba del puñado y solamente una vez.

2.1.2.2 La preparación



Dibujo 2: La preparación del bocaschi (Fuente: Restrepo, J. 1996)

Después de determinar la cantidad que se quiere fabricar, hay que buscar todos los materiales en cantidades suficientes para la preparación del abono.

La preparación se realiza en 3 pasos:

Colocación en capas:

- Capa 1 Cascarilla de arroz
- Capa 2 Tierra
- Capa 3 Gallinaza (Guano de gallina)
- Capa 4 Carbón
- Capa 5 Pulidura de arroz
- Capa 6 Cal agrícola

- Capa 7 Levadura

Se moja el montón con suficiente agua después de terminar cada capa aplicando al mismo tiempo la melaza.

Mezcla de los diferentes materiales:

Con una pala se mueve ahora el material de las capas para formar un montón homogéneo, mezclando todo bien y controlando de nuevo la humedad. Una vez terminada la mezcla se extiende la masa en el piso, de tal forma que la altura del montón no tenga más de 50 centímetros. Para acelerar la fermentación se puede tapar el montón con sacos de fibras vegetales los primeros 3 días del proceso.

Fermentación del material:

La temperatura de la mezcla se debe controlar todos los días con un termómetro. No es recomendable que la temperatura sobrepase los 50° C. Si sobrepasa esta temperatura, especialmente en los primeros días, hay que voltear el montón hasta dos veces por día (en la mañana y en la tarde). A partir del tercer día se puede empezar a reducir la altura de la pila hasta llegar a 20 centímetros (el octavo día) y así mantener la temperatura baja y más estable. Por tanto solamente es necesario revolverlo una vez al día. Entre los 12 y los 15 días el abono ya ha logrado su maduración y su temperatura es igual a la temperatura ambiente, su color es gris claro, queda seco con un aspecto de polvo arenoso y de consistencia suelta. Así se puede guardar hasta dos meses en un lugar seco, fresco y oscuro.

2.1.2.3 La aplicación

Al terminar la fermentación el abono estable puede ser utilizado en todos los

cultivos. La época, la cantidad y la forma de la aplicación del bocaschi es muy variable.

En viveros para los germinadores se puede preparar una mezcla de tierra con bocaschi curtido y carbón pulverizado (Relación tierra: bocaschi = 90 a 60: 10 a 40). La cantidad de carbón es según disponibilidad, pero por lo general no sobrepasa un 5 % del bocaschi.

Tierra seleccionada	Bocaschi con carbón pulverizado
Mezclas comunes para producir hortalizas de hojas, p.e. lechuga	
80 % hasta 90 %	10 % hasta 20 %
Mezclas comunes para producir hortalizas de cabeza, p.e. coliflor	
60 % hasta 70 %	40 % hasta 30%

En la agricultura se utiliza este abono según el tipo de suelo y el cultivo. Algunos ejemplos para la utilización de este abono son:

- Abonando directamente en el fondo del hoyo durante el transplante del cultivo, cubriendo el abono con un poco de tierra.
- Abonando a los lados de las plántulas cuando las hortalizas ya estén establecidas para darles una segunda y tercera fertilización.
- Abonando en el surco durante la siembra directa donde se establece el cultivo (zanahorias, cilantro, etc.)

La cantidad recomendada a aplicar depende del cultivo, el clima y el suelo. Como promedio se puede recomendar lo siguiente:

Hortalizas de hojas	30 gramos/planta
Hortalizas de cabeza y tubérculos	80 gramos/planta
Pimentón y tomate	Hasta 100 gramos /planta

De todas maneras hay que cubrir el abono con tierra inmediatamente después de la aplicación, para que no pierda sus buenos efectos.

2.1.2.4 Posibles problemas en la preparación

El proceso de fermentación puede ser afectado negativamente por las siguientes razones:

- Uso de estiércoles muy lavados por las lluvias y expuestos al sol.
- Uso de estiércoles con mucha tierra o cascarilla de arroz.
- Presencia de antibióticos y coccidiostáticos en los estiércoles.
- Presencia de residuos de plaguicidas en los materiales utilizados.
- Exceso de humedad.
- Desequilibrio entre las proporciones de los ingredientes utilizados.
- Falta de uniformidad en la mezcla.
- Exposición al viento, sol y lluvias.

En la República Dominicana varios productores grandes, por ejemplo de piña y banano, utilizan esta forma de abono orgánico para mejorar su producción.

2.1.3 Humus de lombrices

El humus de lombriz es uno de los mejores abonos orgánicos, porque posee un alto contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos esenciales para el desarrollo de las

plantas. Ofrece a las plantas una alimentación equilibrada con los elementos básicos utilizables y asimilables por sus raíces.



Eisenia foetida

En comparación con los otros abonos orgánicos tiene las siguientes ventajas:

- Es muy concentrado (1 tonelada de humus de lombriz equivale a 10 toneladas de estiércol).
- No se pierde el nitrógeno por la descomposición.
- El fósforo es asimilable; en los estiércoles no.
- Alto contenido de microorganismos y enzimas que ayudan a la desintegración de la materia orgánica (la carga bacteriana es un billón por gramo).
- Alto contenido de auxinas y hormonas vegetales que influyen de manera positiva en el crecimiento de las plantas.
- Un pH estable entre 7 y 7.5.
- La materia prima puede ser cualquier tipo de residuo o desecho orgánico, también se utiliza la parte orgánica de la basura.

La lombriz que se utiliza es *Eisenia foetida* (Lombriz Roja Californiana) y tiene las siguientes características:

- Puede vivir hasta los 16 años.
- Pesa 1 gramo y puede alcanzar un tamaño de 6 a 10 cm.

- Tiene 5 corazones, 6 pares de riñones y 182 conductos excretores.
- Respira por la piel.
- Se alimenta de todo tipo de desechos orgánicos.
- El aparato digestivo de la lombriz humifica en pocas horas lo que tarda años en la naturaleza.
- Expulsa el 60% de la materia orgánica después de su digestión.
- La tierra que pasa por la lombriz tiene 5 veces más nitrógeno, 7 veces más potasio, el doble de calcio y de magnesio.
- 100.000 lombrices ocupando 2 m² son capaces de producir 2 kg de humos cada día.
- Puede vivir en poblaciones de hasta 50.000 por m².
- Es hermafrodita insuficiente.
- Madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida.

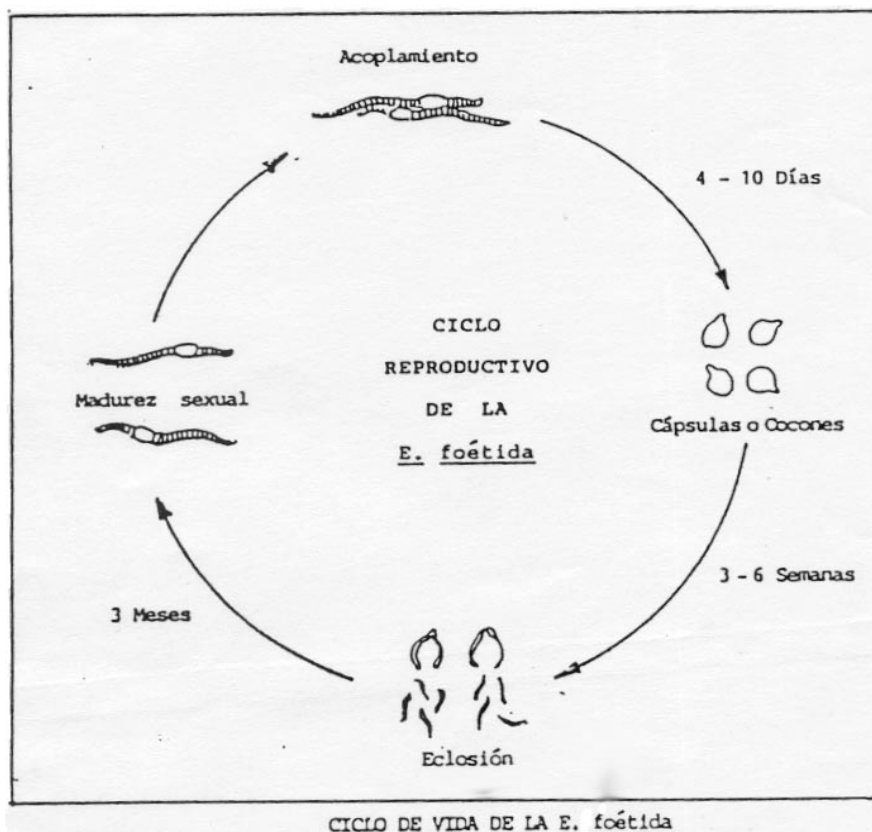
- Se aparea y deposita cada 7 a 14 días una cápsula (cocoón) conteniendo de 2 a 20 huevos que a su vez eclosionan pasados los 21 días. Así una lombriz adulta es capaz de tener 1,500 crías en un año.

2.1.3.1 Instalación de la lombricultura

La tecnología consiste de los siguientes componentes:

- Crianza. Las lombrices se crían en camas de 1 metro de ancho, 40 a 60 centímetros de alto y hasta 20 metros de largo. La crianza puede ser iniciada con una población de 3.000 lombrices por metro cuadrado.
- Alimentación. Para alimentarlas se puede utilizar un sustrato producto de una mezcla de residuos orgánicos vegetales (desechos de las cosechas, basura doméstica, residuos de la agroindustria, etc.) y de residuos animales (estiércoles), en una relación

Dibujo 3: Ciclo de vida de *Eisenia foetida*



1 a 3. Es importante que esta mezcla sea fermentada entre 15 a 30 días, antes de aplicarla a las lombrices. La materia fresca tiende a acidificarse y calentarse durante la fase de fermentación, lo que puede causar daño a las lombrices. Las condiciones óptimas son las siguientes: pH 6.5 - 7.5, humedad 75%, temperatura 15 - 25° C, proteína 13%.

- Manejo. Hay que mantener material suficiente en la parte central de la cama y evitar que se seque. Para controlar la fuga de las lombrices, hay que observar permanentemente la humedad, el pH y la temperatura de la cama.
- Cosecha. Cuando la cantidad de las lombrices es muy alta, por lo general después de 9 meses, se puede empezar a cosechar. Se suspende algunos días la alimentación fresca, luego se pone materia fresca a lo largo de la parte central de la cama. Las lombrices se concentran en este material y pueden ser capturadas y guardadas en un recipiente adecuado mientras se saca el humus terminado.
- Procesamiento del humus. El humus hay que secarlo y mezclarlo con el material de las diferentes camas. Luego se pasa por un cedazo y se envasa en bolsas de polietileno.

2.1.3.2 *El uso del humus de lombriz*

El humus de lombriz se puede utilizar prácticamente en todos los cultivos.

Para utilizarlo como reconstituyente orgánico para plantas ornamentales, se puede aplicar mensualmente al recipiente o al jardín, mezclando bien con la tierra. Esto enriquece el suelo con sustancias

nutritivas que son casi inmediatamente asimiladas por las plantas.

En horticultura y floricultura se utiliza el humus para enriquecer y mejorar el suelo. Las plantas se desarrollan más rápido y más fuertes y así son menos susceptibles a plagas y enfermedades. Por lo general, también la cosecha es mayor. La cantidad que se recomienda aplicar es de aproximadamente 10 toneladas por hectárea.

2.1.3.3 *Las características del humus de lombriz*

Físicas

El humus de lombriz es un material suelto y de textura granulada. Su uso puede ayudar a mejorar las condiciones físicas del suelo, especialmente en suelos arcillosos, y favorecer un buen desarrollo de las raíces de las plantas.

Biológicas

El lombricompost contiene altas poblaciones de microorganismos que colaboran en los procesos de formación del suelo, solubilizan nutrientes para ponerlos a disposición de las plantas y previenen el desarrollo de altas poblaciones de otros microorganismos causantes de enfermedades en las plantas.

Nutricionales

Las propiedades nutricionales de los lombricompost varían mucho. Esto se debe a factores como: los tipos de desecho utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en las cuales se lleva a cabo el proceso de lombricompostaje y el tiempo de almacenamiento del humus.

Es importante tener presente que el lombricompost contiene, además de los

macronutrientes, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y calcio, pequeñas cantidades de micronutrientes como boro, zinc, hierro, manganeso y cobre. Significa que el lombricompost proporciona una dieta completa a las plantas.

2.1.4 Estiércol

Los estiércoles son los excrementos sólidos y líquidos de los animales, mezclados con los residuos vegetales que se han utilizado como cama. Su incorporación al suelo aporta nutrientes, incrementa la retención de la humedad y mejora la actividad biológica y, por tanto, la fertilidad y la productividad del suelo.

2.1.4.1 Composición del estiércol

Como todos los otros abonos orgánicos, el estiércol no tiene una concentración fija de nutrientes. Esto depende de la especie animal, su edad, su alimentación y los residuos vegetales que se utilizan, entre otros. Mientras los animales jóvenes consumen una gran cantidad de nutrientes para su crecimiento y producen excrementos pobres, los animales adultos solamente substituyen las pérdidas y producen estiércoles ricos en elementos fertilizantes. Además, mientras más rica la alimentación, mejor sale la composición del abono.

El mayor rol lo juega la especie animal porque produce excrementos muy diferentes, en relación con su contenido de nutrientes. Analizando los diferentes abonos según este criterio, los estiércoles ovinos son los más ricos en nutrientes, después sigue el guano de gallina (gallinaza) el estiércol equino, bovino y, por último, el estiércol porcino.

Por lo general, todos contienen mucho nitrógeno (N) y potasio (K), pero muy poco fósforo (P) disponible.

2.1.4.2 Manejo del estiércol

Según datos internacionales, las diferentes especies (animales de granja) producen las siguientes cantidades de estiércol:

Caballos	22 veces su propio peso
Ovejas y cerdos	15 veces su propio peso
Bueyes de tiro	15-20 veces su propio peso
Vacas lecheras y bovinos	27-35 veces su propio peso

En el caso de las aves de corral se calcula diferente:

- Gallinas: 60 - 70 kg de excremento /animal/año
- Patos: 70 - 90 kg de excremento /animal/año
- Gansos: 100 - 120 kg de excremento /animal/año

Si no fuera porque la mayoría de los países de América Latina hay todavía muchos animales que no están en corral o en granja y que se alimentan de lo que encuentran, la producción sería mucho más baja.

Durante la maduración, el peso de los estiércoles se reduce drásticamente: 100 kg de estiércol fresco se reducen a aproximadamente 50 kg en estado de madurez. Durante este proceso, también por el lavado de las sustancias solubles y la pérdida de materias en la fermentación, se pueden reducir las sustancias nutritivas en el producto. Especialmente el nitrógeno y el potasio están en peligro de

perderse. Por tanto, vale la pena recoger el líquido que sale de la pila.

Antes de usar los estiércoles en la agricultura, deben ser sometidos a un proceso de fermentación para que los nutrientes lleguen al suelo de forma asimilable. Para lograr que este proceso sea lento y que no haya demasiada pérdida de nitrógeno, los montones no deberían tener una altura de más de 2 metros, además, hay que mantenerlos húmedos y con una capa de tierra encima para evitar lo máximo posible la pérdida de agua. El riego se puede realizar preferentemente con el mismo líquido que sale del montón o, en ausencia de éste, con agua.

La fermentación, debido a las temperaturas altas que produce, ayuda a eliminar enfermedades y semillas de malas hierbas que después pueden afectar negativamente al cultivo.

Cada uno o dos meses se voltea. Después de 2 volteos el estiércol está listo para ser incorporado al suelo.

2.1.4.3 *Aplicación del estiércol*

La cantidad a utilizar de estiércol depende del cultivo, el tipo de estiércol y del contenido de nutrientes del suelo.

En suelos compactados, arcillosos o arenosos es recomendable aplicar entre 40 y 60 toneladas por hectárea, es decir 2.5 hasta 3.7 toneladas por hectárea. En terrenos con suelos francos se necesita la mitad de esas cantidades.

Los estiércoles se deberán aplicar, mezclándolos bien con la tierra de la capa superficial del terreno (a una profundidad no mayor de 20 centímetros). Esto se

debe a la necesidad de oxígeno del proceso de descomposición. La incorporación debe realizarse cuando el suelo esté húmedo.

También este abono se puede aplicar durante la siembra o el trasplante de los cultivos directamente al lado de las semillas o de las plantas.

Otra forma de uso, que no mejora el suelo pero alimenta a las plantas, es el abono líquido a partir de estiércol. La receta es la siguiente: a un tanque de 55 galones de agua se agrega un saco de estiércol de corral (chivo o vaca). Luego se deja el tanque 8 días tapado, moviendo el saco diariamente para que se mezclen bien las sustancias. De este extracto se utiliza 1 litro para una bomba mochila con 20 litros de agua y se aplica como abono foliar cada 15 días.

2.1.4.4 *Desventajas*

- Usar demasiado estiércol fresco puede causar enfermedades, especialmente en cultivos de cereales.
- Utilizar estiércol fresco, además, puede aumentar la infestación del terreno por malas hierbas y puede causar deformaciones de hortalizas de raíz.
- Utilizar guano de gallina de granjas industriales donde utilizan muchos antibióticos puede causar efectos similares a la aplicación de nitrógeno sintético (aumento de la sensibilidad a enfermedades y plagas, aumento de nitratos en los productos y reducción del tiempo de almacenaje).
- Si el estiércol contiene mucha paja u otros residuos vegetales con un largo tiempo de descomposición, la aplicación y la integración al suelo

hay que hacerlos con suficiente anticipación. En este caso el efecto nutritivo será a más largo plazo.

2.1.5 Mulch

El mulch es una tecnología, en la cual se coloca material orgánico encima de la superficie de la tierra, influyendo sus características físicas, químicas y biológicas, para mejorar la productividad del lugar. Esto no puede aumentar significativamente los nutrientes en el suelo, pero significa poco trabajo y una capa de bastante material evita el crecimiento de malas hierbas y casi totalmente la erosión, fomenta la fauna y mantiene la humedad en el suelo.

2.1.5.1 Materiales que se pueden utilizar

La decisión del tipo de material a utilizar en este trabajo generalmente se toma según la disponibilidad en la zona. No vale la pena transportar los materiales desde muy lejos. Por lo tanto, los restos de la cosecha o del deshierbe son los materiales más económicos y más comunes. Otras fuentes son los residuos de la poda de cercas vivas, árboles, tierras en descanso, residuos de fábricas o molinos etc. La utilización de material orgánico es mucho más recomendable que, por ejemplo, plástico, porque además de activar la fauna del suelo le suministra la energía y los nutrientes necesarios a largo plazo.

El color del material puede ser importante, porque influye mucho en la temperatura del suelo. Un material oscuro se calienta rápido, mientras que un material claro refleja los rayos del sol y tiene un efecto más fuerte de aislamiento.

Como en el caso de los otros abonos orgánicos, la relación C: N influye en la velocidad de la descomposición. Un material fresco con un contenido alto de nitrógeno posiblemente después de 2-3 meses esté descompuesto por completo, mientras que la paja seca u hojas de bananos pueden cubrir el suelo hasta 6 meses. Por lo tanto, especialmente en zonas húmedas, es recomendable utilizar material con poco contenido de nitrógeno para que la protección sea más duradera.

Hay que evitar utilizar materiales que contengan muchas semillas para evitar que crezcan hierbas. En el caso que no haya otro tipo, hay que sacudirlo bien antes de su colocación.

El aserrín y la corteza pueden contener sustancias fitotóxicas y la aplicación se debería hacer con mucho cuidado.

2.1.5.2 Efectos del mulch

- Evita prácticamente por completo la erosión.
- Fomenta la vida microbiana.
- Mantiene una buena estructura del suelo.
- Reprime el desarrollo de las malas hierbas.
- Minimiza la pérdida de humedad por evaporación.
- Evita un calentamiento extremo del suelo.
- Libera lentamente nutrientes al suelo.

2.1.5.3 Cantidades aplicables

La regla general es, mientras más fino el material, se necesita menos cantidad para lograr una buena cobertura. El grueso de

la capa depende del objetivo de esta aplicación. Para proteger el suelo contra el sol y mantener la humedad, se necesita una capa bastante gruesa, mientras para evitar la erosión superficial, poco material ayuda bastante.

Prácticamente no es posible definir datos específicos acerca de la capa necesaria para evitar la pérdida de agua, la erosión y el crecimiento de hierbas, porque depende mucho del tipo del material usado, el suelo, el clima y la pendiente del terreno, entre otros. Algunas investigaciones muestran que los agricultores, dependiendo de estos factores, utilizan una capa desde 3 cm hasta 13.5 cm de espesor.

2.1.5.4 *Tiempo de aplicación*

El mulch debería estar en la finca antes de la época de lluvias. Esto mejora la infiltración del agua, minimiza la erosión y reduce la evaporación en tiempo de sequía. Así siempre se encuentra suficiente humedad en el suelo y el desarrollo de la vida microbial es mucho más efectivo.

En el caso de hortalizas, puede ser recomendable poner el mulch después de la germinación y después que las plantas se hayan establecido bien, porque algunos materiales intervienen negativamente en este proceso.

Por lo general, hay que llegar lo más cerca posible a una cobertura permanente del suelo para que el mulch pueda desarrollar todos sus efectos positivos.

2.1.6 *Abono Verde*

Los abonos verdes se definen como cultivos de cobertura. La finalidad es incorporarlos después de un cierto tiempo al suelo y así devolverle los nutrientes absorbidos. Generalmente, se siembran sólo leguminosas o en combinación con cereales, las cuales son cortadas en la época de la floración e incorporadas al suelo. Debido a la fijación de nitrógeno de la atmósfera por las leguminosas, este método enriquece el suelo con nitrógeno y carbono, y también mejora sus propiedades físicas y biológicas, dando como resultado una mejor estructura del suelo.

2.1.6.1 *Siembra del abono verde*

La siembra, comúnmente, no es diferente a la de cualquier otro cultivo, pero algunas especies se podrían sembrar a voleo, o a mayor densidad. Para no perder una época completa por sembrar abono verde, es recomendable elaborar un plan de uso de la tierra, sembrando en fajas con rotación de cultivos.

Las semillas para los abonos verdes deberían tener los siguientes requisitos:

- Tener un crecimiento rápido.
- Tener un follaje abundante y succulento.
- Plantas rústicas que se adapten a suelos pobres.
- Que sean baratas y no comestibles (la parte vegetativa).

Leguminosas que se pueden utilizar (entre otras):

Caupí - *Vigna unguiculata*
Trébol rojo – *Trifolium pratense*
Trébol blanco – *Trifolium repens*
Vicia – *Vicia sativa*

Frijol común - *Phaseolus vulgaris*
Canavalia - *Canavalia ensiformis*
Guandul - *Cajanus cajan*
Mungo - *Phaseolus mungo*

Se necesitan entre 50 a 80 kilogramos de semillas por hectárea, dependiendo del tipo de leguminosa que se utilice.

2.1.6.2 Incorporación del abono verde

Las leguminosas tienen un alto contenido de nutrientes, especialmente de nitrógeno, y llegan a su punto de mayor crecimiento, cuando florecen. En este momento deben ser cortadas. Después de 5 a 8 días se pueden enterrar, mezclándolas bien con los primeros 15 centímetros del suelo. De esta manera el material se descompone fácilmente. Si se entierra a mayor profundidad empieza un proceso no deseable de pudrición.

En condiciones favorables el abono verde se descompone en unos 30 a 50 días y se puede empezar con la siembra de los cultivos. En condiciones desfavorables, la descomposición puede durar más tiempo y la siembra puede retrasarse.

2.1.6.3 Ventajas del abono verde

- Aumento de la materia orgánica en el suelo. A pesar de la descomposición rápida del material por su alto contenido de nitrógeno, entre 20-30 % de la materia seca permanece en el suelo.
- Por la sombra, el suelo está protegido del sol y de las lluvias fuertes.
- Aumento de nutrientes en el suelo, especialmente de nitrógeno.
- Protección contra la erosión.

- Mejoramiento de la estructura del suelo.
- Evita el desarrollo de malas hierbas.
- Minimiza el ataque de plagas y enfermedades específicas.

2.1.7 Cama orgánica

Una práctica muy utilizada en huertos familiares orgánicos son las camas orgánicas. Este método es recomendable si se dispone de un pedazo de terreno de entre 8 y 100 m². La preparación se realiza de la forma siguiente:

- Con 4 estacas pequeñas y un hilo se ubica el espacio de la cama, por lo general entre 0.60 y 1.20 m de ancho y con un largo según el espacio disponible. Entre las diferentes camas hay que dejar un camino de 0.50 m. Después de la ubicación se cava el suelo hasta una profundidad de aproximadamente 0.30 m y se deja el fondo picado.
- En los primeros 15 cm se pone una mezcla de residuos de cosecha, diferentes estiércoles, hierbas secas y frescas, basura casera orgánica, etc. Después se pone 15 cm del suelo cavado. A continuación se pone una capa de 10 cm de estiércoles u otro material vegetal en proceso de descomposición y se termina con unos 10 cm de tierra nivelándola bien con un rastrillo.
- Estas camas se pueden utilizar directamente para la siembra de hortalizas o, en el caso de que haya que agregar nitrógeno al suelo para sembrar una leguminosa, por ejemplo canavalia, que sea integrada a las últimas capas de la cama cuando empieza su floración. Después, se procede la siembra de los cultivos.

- Las camas pueden ser sembradas varias veces, porque los materiales orgánicos suministran los nutrientes lentamente pero en forma prolongada a los cultivos.

Por su alta productividad, con esta tecnología se necesita muy poco terreno para producir una gran cantidad de hortalizas. La desventaja es la alta demanda de mano de obra para su preparación.

2.2 Diseño de la vegetación

Los abonos orgánicos pueden ayudar mucho a mejorar la fertilidad del suelo, pero para conservarla y establecer un sistema ecológicamente aceptable y a largo plazo, ellos no son suficientes.

Los investigadores han llegado a la conclusión de que en los terrenos de pequeños productores, especialmente en la región tropical, sólo se puede producir permanentemente y con un nivel alto de productividad, si los sistemas de producción se acercan lo máximo posible al ecosistema natural de este lugar, con una gran diversidad. Así se fomenta un sistema estable y se reduce el daño y la influencia negativa al sistema ecológico.

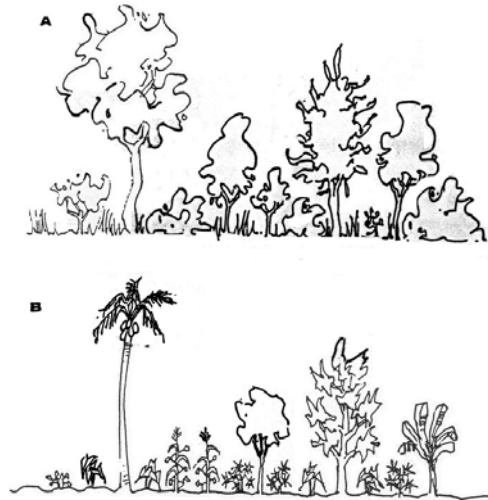
2.2.1 Cultivos mixtos

En cultivos mixtos se siembran varios cultivos juntos, de tal forma que se influyan entre sí y que se desarrollen prácticamente el tiempo completo juntos. Este sistema se acerca más a la vegetación natural de un lugar que los monocultivos, y se realiza preferentemente en sistemas de producción tradicional sostenible de los trópicos.

Dibujo 4: Diseño natural de la vegetación.

- A) Vegetación natural.
- B) Modelo de un sistema de cultivos mixtos adaptados a la zona.

(Fuente: Müller-Sämman, K.M. 1986)



Como en este sistema las plantas pueden aprovechar mejor los factores de crecimiento - luz, agua, nutrientes, entre otros- y se aprovechan mutuamente (por ejemplo las gramíneas se aprovechan de las leguminosas) por lo general el rendimiento total de la parcela es más alto que en monocultivos. Pero es necesario seleccionar bien los diferentes componentes de este sistema para que no haya competencia. La regla general de una buena mezcla es una gran diversidad en el tipo de crecimiento y las exigencias ambientales. Las combinaciones más útiles son las siguientes:

- Cultivos con un sistema radical profundo con los que tienen un sistema radical superficial.
- Cultivos que exigen mucha luz con los que requieren sombra.
- Cultivos altos con cultivos bajos.

- Cultivos con un ciclo de crecimiento largo con los que tienen un ciclo corto.
- Leguminosas con no-leguminosas.

Otros factores importantes en los cultivos mixtos son:

- La distribución en el terreno para aprovechar la luz al máximo (puede ser más útil sembrar el cultivo más alto en hileras dobles).
- La relación entre los diferentes cultivos.
- La densidad de la población.
- Las épocas de siembra.
- La elección entre las diferentes variedades en el mercado (por ejemplo, un maíz con un tallo corto es más recomendable que una variedad con un tallo alto).

El sistema más avanzado dentro de este concepto es el sistema agroforestal.



Cultivo mixto con cercas vivas

2.2.2 Ventajas de los cultivos mixtos

Las ventajas de este sistema son:

- Mejor aprovechamiento de los factores de crecimiento: luz, agua, nutrientes etc.
- Mejor rentabilidad.
- Ciclo de productividad prácticamente cerrado (en el caso de sistemas agroforestales).
- Reducción de plagas y enfermedades (por ejemplo, *Tagetes* contra nemátodos).
- Mayor tiempo con cobertura (protección del suelo).

2.3 Otras tecnologías para mejorar la fertilidad del suelo

2.3.1 El biodigestor/el biol

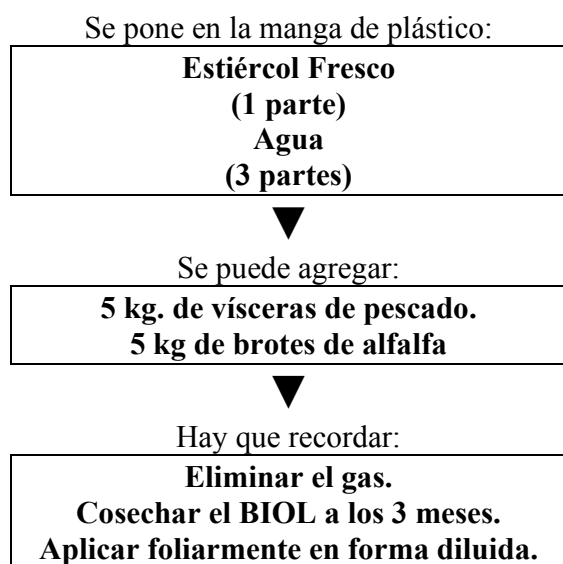
En los biodigestores se produce energía y abono basándose en estiércol, pero también se elabora el biol, un abono foliar orgánico. El biol es el líquido que se descarga de un biodigestor y es lo que se utiliza como abono foliar. Es una fuente orgánica de fitoreguladores que permite promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas.



Uso del BIOL en Perú

Para la preparación se utiliza normalmente una manga de plástico gruesa cerrada de 5 metros como mínimo, 40 cm de un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro, una botella de gaseosa (1,5l.) descartable y tiras de jebe. La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación, sin embargo si se utiliza estiércol fresco es necesario 3 cantidades de agua por una de estiércol.

Elaboración del Biol



El Biol puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, perennes con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz. No debe ser utilizado puro cuando se va a aplicar al follaje de las plantas, sino en diluciones. Las concentraciones recomendadas pueden ser entre 25 al 75%. Las soluciones al follaje deben aplicarse unas 3 ó 5 veces durante los tramos críticos de los cultivos, mojando bien las hojas con unos 400 a 800 litros por hectárea dependiendo de la edad del cultivo y empleando boquillas de alta presión en abanico.

2.3.2 Los biofertilizantes

Los biofertilizantes son microorganismos que viven en el suelo en simbiosis o libres, captan el nitrógeno del aire, por lo que son buenos mejoradores de la fertilidad natural del suelo. Estos microorganismos se pueden inocular o aplicar al suelo para facilitar su multiplicación. Por ejemplo, actualmente hay producción comercial de *Rhizobium* y *Azotobacter*.

Experiencias en el campo demuestran que la fijación biológica de nitrógeno por intermedio de la asociación leguminosa (alfalfa, trébol, frijol, guandules etc.) y *Rhizobium*, puede llegar a cifras considerables de nitrógeno fijado en el suelo (50-400 kg/ha/año). Las bacterias fijadoras de nitrógeno son específicas para cada cultivo, por lo tanto las leguminosas son agrupadas de acuerdo a su asociación con ciertas bacterias del género *Rhizobium*.

Las bacterias libres aplicadas en forma de biopreparados a partir de *Azotobacter* o *Azospirillum* pueden ser usadas para cualquier cultivo, de esta manera incrementan su población en el suelo. De ninguna manera se debería utilizar fertilizantes químicos al mismo tiempo. Lo recomendable es mezclar previamente 100 kg de estiércol o tierra húmeda, con 200 gramos de inoculante específico. Tapar con una manta y dejar fermentar 48 a 72 horas. Después se enfría, se ensaca y se aplica según se presente el caso.

Ventajas de los biofertilizantes:

- Enriquecen el suelo en nitrógeno.
- Favorecen la reducción de microorganismos patógenos.

- Influyen para una mejor producción y rendimiento de granos, forrajes, papa, algodón, hortalizas etc.

2.3.3 Los hongos micorrízicos

La micorriza se define como la asociación benéfica de las raíces de las plantas superiores con los micelios de los hongos del suelo. Esta asociación es absolutamente necesaria en los árboles forestales en lugares con suelos de muy poca fertilidad natural y nutrientes muy poco disponibles. En los últimos 15 años han realizado muchas investigaciones y han descubierto que también las raíces de las plantas cultivadas pueden ser asociadas con el hongo y, de esta manera, aprovechar mejor los nutrientes poco disponibles (básicamente P) de un lugar.

Existen diferentes tipos de micorrizas de acuerdo a como se asocian con las células de las raíces, pudiendo encontrarse dentro de las raíces (endomycorrizas) o fuera de ellas (ectomycorrizas).

Beneficios de los hongos micorrízicos:

- Incremento notable en la superficie de absorción de los pelos radiculares, más la que se produce por la cobertura producida por el hongo.
- Mejoramiento de la absorción iónica y acumulación más eficiente y selectiva, especialmente en el caso de fósforo.
- Solubilización de minerales que se encuentran en el suelo, facilitando su absorción por las raíces de las plantas.
- Incremento de la vida útil de las raíces absorbentes.
- Resistencia de raíces a infecciones causadas por hongos patógenos, tales como *Phytophthora spp.*, *Fusarium spp.* y *Rhizoctonia ssp.*

- Incremento de la tolerancia de las plantas a las toxinas del suelo (orgánicas e inorgánicas), valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequías.

Existe ya la posibilidad de inocular las plantas durante el transplante con el hongo o a través de la fertilización con un abono orgánico inoculado. Este método puede apoyar a incrementar el crecimiento y el desarrollo de las plantas, utilizando básicamente los nutrientes existentes pero fijados en el suelo.

2.4 Sistema integral de nutrición de plantas.

Lo que se ha descrito hasta ahora en la mayoría de los casos han sido medidas que ayudan a proteger el suelo y mantener su fertilidad. Sin embargo, no se va a llegar a un manejo adecuado y ecológico del suelo solamente con usar una o dos de estas tecnologías, sino hay que llegar a un sistema integral utilizando una combinación de varias de estas medidas según las condiciones del lugar donde el agricultor va a sembrar.

Los abonos orgánicos aplicados promueven la actividad biológica, la capacidad de intercambio de nutrientes, el balance hídrico, el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo. Como consecuencia de esto, los suelos están menos propensos a la erosión, tienen una mejor capacidad de retener nutrientes y un mejor desarrollo radicular de los cultivos, lo cual contribuirá a mejorar la eficiencia de los fertilizantes minerales incrementando la producción, haciendo de esta manera su uso más económico.

Pero en sitios extremos y con mucha pendiente los abonos orgánicos no son

suficientes para proteger el suelo. Hay que aprovechar prácticas adicionales para conservar el suelo:

Surcos en contorno

Realizar los surcos a curva de nivel o perpendicular a la pendiente (mejora la infiltración del agua y disminuye la erosión) .

Barreras vivas

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas a curvas de nivel para mejorar la infiltración, disminuir la erosión y para producir materia orgánica.

Barreras muertas

Tienen el mismo objetivo que las barreras vivas, pero consisten en materiales muertos (trozos de madera, muros de piedras etc.).

Zanjas de infiltración para la retención del agua.

Construcción de terrazas.

El establecimiento de las últimas dos medidas es muy trabajoso y necesitan cuidado permanente. Por tanto, son solamente justificables en lugares con un pendiente extremo.

Solamente con el uso de abonos orgánicos, una combinación adecuada de cultivos y, en lugares extremos, con prácticas adicionales para retener el agua y evitar la erosión el agricultor va a llegar a un sistema permanente y un manejo de la fertilidad del suelo adecuado.

3. Literatura consultada

1. **Altieri, Miguel A.** Agroecology. Intermediate Technology Publications, London/UK 1987.
2. **Altieri, Miguel A.** Agroecología. ciencia y aplicación. CLADES, Berkeley, California, 1993.
3. **Brandjes, P., Van Dongen, P., Van der Veer, A.** Green manuring and other forms of soil improvement in the tropics. AGRODOK 28, CTA, Wageningen, Netherlands, 1989.
4. **Brechelt, A.** Guía técnica para la instalación de composteras. Fundación Agricultura y Medio Ambiente, San Cristóbal, República Dominicana. 1996.
5. **Chacón Díaz, A.G. y Blanco Rodríguez, J.M.** (edt.). Manual Práctico para la fabricación de Abono Orgánico utilizando lombrices. BUN-CA, Red de Biomasa, San José/Costa Rica. 1999.
6. **FAO (edt.).** Mejorando la nutrición a través de huertos y granjas familiares. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, 2000.
7. **Gagnon, D.** El Machete Verde. SUCO, Managua, Nicaragua, 1995
8. **García G., J. E. y J. M. Nájera.** Simposio Centroamericano sobre Agricultura Orgánica. UNED, San José, Costa Rica, 1995.
9. **Gomero Osorio, L. y Velásquez Alcántara, H.** (edt.). Manejo Ecológico de Suelos. Conceptos, Experiencias y Técnicas. RAAA. Lima/Perú. 1999.
10. **Guerrero B., J.** Abonos Orgánicos – Tecnología para el manejo ecológico del suelo. RAAA, Lima/Perú, 1993.
11. **Kral, D. M. (edt.).** Organic Farming: Current Technology and its role in a sustainable agriculture. ASA Special Publication Number 46 Madison, Wisconsin, USA, 1984.
12. **Lisansky, S.G.** Green Growers Guide. CPL Scientific Limited. Newbury, Berkshire, UK, 1990.
13. **Müller-Sämman, Karl M.** Bodenfruchtbarkeit und standortgerechte Landwirtschaft. Schriftenreihe der GTZ, Nr. 195, Eschborn, 1986.
14. **Restrepo, J..** Abonos orgánicos fermentados. CEDECO/OIT, San José, Costa Rica, 1996.
15. **Suquilanda, Manuel B.** Agricultura orgánica. Talleres Gráficos ABYA-YALA, Quito, 1995.
16. **Thurston, H.D.; M. Smith; G. Abawi y S. Kearl.** Tapado: los sistemas de siembra con cobertura. CIIFAD, Ithaca, New York, 1994.