

COLECCIÓN DE AGRICULTURA ECOLÓGICA

Abonos Orgánicos Lombricultura



Mijail Rimache Artica



Abonos Orgánicos Lombricultura

Autor: Mijail Rimache Artica

© Derecho de autor reservado

Empresa Editora Macro E.I.R.L.

© Derecho de edición, arte gráfico y diagramación reservados

Empresa Editora Macro E.I.R.L.

Empresa Editora Macro E.I.R.L.

Av. Paseo de la República 5613 – Miraflores

₡ (511) 719 - 9700

✉ ventas@editorialmacro.com
<http://www.editorialmacro.com>

Primera edición: Noviembre 2008 - 1000 ejemplares

Impresión

ISAGRAF S.R.L.

Jr. San Agustín N° 612 - 624 – Surquillo

ISBN N°: 978-603-4034-14-3

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N°: 14741

Prohibida la reproducción parcial o total, por cualquier medio o método de este libro sin previa autorización de la Empresa Editora Macro EIRL.





INTRODUCCIÓN

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental.

Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos.

Actualmente, se están buscando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales. Existen incluso empresas que están buscando en distintos ecosistemas naturales de todas las partes del mundo, sobre todo tropicales, distintas plantas, extractos de algas, etc., que desarrollan en las diferentes plantas, distintos sistemas que les permiten crecer y protegerse de enfermedades y plagas. De esta forma, en distintas fábricas y en entornos totalmente naturales, se reproducen aquellas plantas que se ven más interesantes mediante técnicas de biotecnología.





ÍNDICE

CAPÍTULO 1

LOS ABONOS ORGÁNICOS	9
1. Generalidades	10
2. El compost	12
3. El humus de lombriz	12
4. Guano de isla	12
5. Las sustancias húmicas	12
5.1 Funciones de las sustancias húmicas	14
6. Aminoácidos	15
7. Los abonos líquidos orgánicos	16
7.1 Té de estiércol	16
7.2 Elaboración de purín	16
7.3 El biol	17
8. Los abonos verdes	20
8.1 Generalidades	20
8.2 Importancia de los abonos verdes	21
8.3 Ventajas de la incorporación de abonos verdes al suelo	21
8.4 Características que deben ser observadas para seleccionar abonos verdes	21
8.5 Funciones del abono verde	22
8.6 Especies utilizadas como abonos verdes	23
8.7 Cómo escoger cuales leguminosas usar como abono verde	24
8.8 Consideraciones para la instalación y manejo de los abonos verdes	25
8.9 Manejo de la fitomasa	26
8.10 Abono verde intercalado con los cultivos	29
8.11 Efectos de los abonos verdes en los rendimientos de los cultivos	30
8.12 Efectos de los abonos verdes en el control de malezas	30
9. Los biofertilizantes	31
9.1 Inoculación con bacterias simbióticas	31
9.2 Inoculación con bacterias libres	31
10. La Azolla - Anabaena	32
10.1 Manejo y producción de Azolla	32
10.2 Siembra de Azolla	33



10.3 Cosecha de Azolla	33
10.4 Secado y aplicación de la Azolla	33
11. Producción y uso de hongos micorríticos	34
12. Mulch o coberturas orgánicas	36
12.1 Efectos del Mulch en el suelo	36
13. Organopónicos en zonas marginales	37

CAPÍTULO 2

LA ELABORACIÓN DEL COMPOST	39
1. Consideraciones generales	40
2. Características del compost	41
2.1 Efectos del compost en el suelo	42
2.2 Materias primas del compost	42
2.3 Análisis químico	45
3. Fases del compostaje aeróbico	45
4. Sistemas de compostaje	48
5. Características de los residuos a compostar	49
6. El Precompostaje	53
7. Cómo diseñar y operar un sistema de compostaje aeróbico	55
8. Manejo del sistema	58
9. Consideraciones a tener en cuenta	60
10. Aplicación del compost	60
11. Procesos finales del compostaje	62

CAPÍTULO 3

LA LOMBRICULTURA	65
1. Generalidades	66
2. Biología de la lombriz de tierra	67
2.1 Taxonomía	67
2.2 Anatomía y fisiología de la lombriz de tierra común	68
3. Requisitos generales para establecer un plantel de lombricultura	71
3.1 Condiciones climáticas	71
3.2 Terreno	71
3.3 Insumos	72
3.3.1 Manejo del estiércol o sustrato	72



3.4 Lombrices	75
3.5 Recomendaciones para la cría de lombrices rojas californianas	77
3.6 Equipo y herramientas	78
4. Infraestructura del plantel	79
4.1 Distribución del terreno	79
4.2 Instalación de los lechos	79
4.3 Área para el acopio de insumos	81
4.4 Área para la preparación del compost	81
4.5 Área para el oreo y cernido del humus	81
4.6 Álmacen para el humus	82
4.7 Otras instalaciones	82
5. Manejo del plantel	83
5.1 Alimentación	83
5.1.1 Preparación del compost	83
5.1.2 Suministro de alimentos a los lechos	83
5.2 Cuidado y mantenimiento de los lechos	84
5.2.1 Humedad y riego	84
5.2.2 Aireación y sombra	84
5.3 Siembra de las lombrices y expansión del criadero	85
5.4 El humus de lombriz	85
5.4.1 Cosecha y manejo del humus	85
5.4.2 Características y calidad	86
5.4.3 Ventajas y aplicaciones	88

CAPÍTULO 4

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS	89
1. Surcos en contorno	90
2. Barreras vivas	90
3. Rotación de cultivos	91
4. Terrazas de formación lenta	94
4.1 Terrazas de banco	93
5. Zanjas de infiltración	94





Capítulo



Lombricultura

LOS ABONOS ORGÁNICOS

La aplicación de estos abonos orgánicos se reforzaba con la asociación e intercalación de cultivos, rotación de cultivos; con prácticas de labranza mínima, labranza y siembra en contorno, nivelar la tierra y construcción de terrazas, se verá a continuación.



1. GENERALIDADES

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados.

Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas.

a. Importancia de los abonos orgánicos

La necesidad de disminuir la dependencia de productos químicos artificiales en los distintos cultivos, está obligando a la búsqueda de alternativas fiables y sostenibles. En la agricultura ecológica, se le da gran importancia a este tipo de abonos, y cada vez más, se están utilizando en cultivos intensivos. No podemos olvidarnos la importancia que tiene mejorar diversas características físicas, químicas y biológicas del suelo, y en este sentido, este tipo de abonos juega un papel fundamental.

Con estos abonos, aumentamos la capacidad que posee el suelo de absorber los distintos elementos nutritivos, los cuales aportaremos posteriormente con los abonos minerales o inorgánicos. Actualmente, se están buscando nuevos productos en la agricultura, que sean totalmente naturales.

Existen incluso empresas que están buscando en distintos ecosistemas naturales de todas las partes del mundo, sobre todo tropicales, distintas plantas, extractos de algas, etc., que desarrollan en las diferentes plantas, distintos sistemas que les permiten crecer y protegerse de enfermedades y plagas. De esta forma, en distintas fábricas y en entornos totalmente naturales, se reproducen aquellas plantas que se ven más interesantes mediante técnicas de biotecnología.

En estos centros se producen distintas sustancias vegetales, para producir abonos orgánicos y sustancias naturales, que se están aplicando en la nueva agricultura. Para ello y en diversos laboratorios, se extraen aquellas sustancias más interesantes, para fortalecer las diferentes plantas que se cultivan bajo invernadero, pero también se pueden emplear en plantas ornamentales, frutales, etc.

b. Beneficios del uso de abonos orgánicos

Los terrenos cultivados sufren la pérdida de una gran cantidad de nutrientes, lo cual puede agotar la materia orgánica del suelo, por esta razón se deben restituir permanentemente. Esto se puede lograr a través del manejo de los residuos de cultivo, el aporte de los abonos orgánicos, estiércoles u otro tipo de material orgánico introducido en el campo.



El abonamiento consiste en aplicar las sustancias minerales u orgánicas al suelo con el objetivo de mejorar su capacidad nutritiva, mediante esta práctica se distribuye en el terreno los elementos nutritivos extraídos por los cultivos, con el propósito de mantener una renovación de los nutrientes en el suelo. El uso de los abonos orgánicos se recomienda especialmente en suelos con bajo contenido de materia orgánica y degradada por el efecto de la erosión, pero su aplicación puede mejorar la calidad de la producción de cultivos en cualquier tipo de suelo.

La composición y contenido de los nutrientes de los estiércoles varía mucho según la especie de animal, el tipo de manejo y el estado de descomposición de los estiércoles. La gallinaza es el estiércol más rico en nitrógeno, en promedio contiene el doble del valor nutritivo del estiércol de vacuno.

c. Ventajas del abonamiento natural

- Constituye un almacén de nutrientes, especialmente de nitrógeno, fósforo, azufre y micronutrientes y los va liberando lentamente, facilitando el aprovechamiento de las plantas.
- Puede retener hasta 10 veces más nutrientes que las arcillas, aumenta la capacidad de intercambio canónico (CIC) y aumenta el intercambio y la disponibilidad de nutrientes en el suelo para la planta.
- Facilita la formación de complejos arcillo-húmicos que retienen los macro y micronutrientes evitando su pérdida por lixiviación y de este modo aumenta su disponibilidad.
- Proporciona energía para los microorganismos, lo cual incrementa la actividad biológica en el suelo.
- Favorece una buena estructura del suelo, y aumenta la bioestructura; facilitando la labranza y aumentando su resistencia a la erosión.
- Protege la superficie del suelo y aumenta la capacidad de infiltración del agua, lo cual reduce el riesgo de erosión.
- Aumenta la capacidad de retención de agua especialmente en suelos arenosos y por lo tanto ayuda a la conservación de la humedad.

Es muy recomendable incorporar los abonos orgánicos al momento de preparar la tierra o a la siembra, siempre que el terreno se encuentre húmedo. También se recomienda su aplicación al primer aporque. La estrategia de abonamiento orgánico debe estar acompañada de otros componentes del manejo ecológico de suelos (NÍFIS), como el uso de biontes, asociaciones de cultivos o de rotación de cultivos.

d. Recomendaciones

En un proceso de reconversión tecnológica la fertilidad natural del suelo se recupera en forma gradual, por lo que se recomienda el uso complementario de otros componentes del MES, como el guano de isla o la gallinaza al momento de la siembra. Sin embargo debe tenerse presente que estos abonos orgánicos no deben usarse directamente a la semilla, porque su alto contenido de sales puede afectar el desarrollo del cultivo.



2. EL COMPOST

Es un abono natural que resulta de la transformación de la mezcla de residuos orgánicos de origen animal y vegetal que son transformados por acción de los microorganismos del suelo, en una sustancia activa conocida como humus. El humus mejora la fertilidad y la estructura del suelo. Su calidad en nutrientes, depende de los insumos que se han utilizado para su preparación, como el tipo de estiércol y residuo vegetal, además del tiempo o edad del compost, pero en promedio contiene 1.04 % de nitrógeno, 0.8 % de fósforo y 1.5 % de potasio.

3. EL HUMUS DE LOMBRIZ

Se denomina humus de lombriz a los excrementos de las lombrices. Estos seres vivos especializados en transformar residuos orgánicos, producen uno de los abonos orgánicos de mejor calidad, debido a que el humus de lombriz tiene su efecto en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y favorece el desarrollo de las plantas.

El desarrollo de la lombricultura dentro de la agricultura comercial y campesina es una de las experiencias más exitosas para resolver el problema de la fertilidad biológica del suelo. Sus ventajas económicas y ecológicas están permitiendo su adopción y masificación por parte de los productores. La simplificación de la crianza de la lombriz y el abaratamiento de los costos para su instalación, han permitido que esta alternativa se articule fácilmente a los diferentes sistemas de producción agropecuaria.

4. GUANO DE ISLA

Es una mezcla de excrementos de aves marinas, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc., los cuales experimentan un proceso de fermentación lenta. El uso del guano de islas es conocido en América Latina desde hace más de 1500 años.

Es uno de los abonos naturales de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, y puede tener 12% de nitrógeno, 11% de P y 2% de K. Se utiliza principalmente en los cultivos de caña, papa y hortalizas. Debe aplicarse pulverizado a una profundidad aceptable, o taparlo inmediatamente para evitar las pérdidas de amoniaco. Puede ser mezclado con otros abonos orgánicos para aumentar su mineralización y lograr una mejor eficiencia.

5. LAS SUSTANCIAS HÚMICAS

Las sustancias húmicas son compuestos de color de amarillento a negro, amorfos, muy polimerizados, con peso molecular muy elevado, naturaleza coloidal y que presentan núcleos de carácter aromático (benceno, naftaleno, furano, etc.). En estado natural todas estas sustancias están íntimamente ligadas unas con otras y con otros constituyentes orgánicos (hidratos de carbono, proteínas, etc.) y el papel de los distintos componentes del humus es difícil de determinar. De hecho, las diferentes fracciones húmicas representan un sistema de polímeros que varían en cuanto a su composición elemental, acidez, grado de polimerización y peso molecular.

Las sustancias húmicas se clasifican en función de su solubilidad en ácidos y bases, pudiéndose separar en diversas fracciones húmicas. Los ácidos fulvicos y húmicos se extraen con reactivos alcalinos, pero los húmicos precipitan en presencia de ácidos mientras que las huminas (son insolubles) no son extraíbles (precipitan en presencia de álcali).



Enmiendas húmicas

Dentro de los ácidos húmicos, se pueden distinguir el ácido himatomelánico, que es la parte del ácido húmico soluble en alcohol (también llamado ácido úlmico), los ácidos húmicos pardos, que no precipitan en presencia de sales como el cloruro sódico y los ácidos húmicos grises, que precipitan en presencia de sales. Dentro de los ácidos fúlvicos se pueden distinguir el ácido crénico (amarillo claro) y el ácido apocrénico (amarillo-pardo). Las huminas son de color negro.

La distribución de estos distintos tipos de sustancias húmicas en los suelos naturales y en la materia orgánica descompuesta es variable y es característica del tipo de suelo o sustrato. El origen de los compuestos húmicos parece que se debe a la presencia de polifenoles derivados de la lignina o sintetizados por los microorganismos que se convierten mediante la acción de enzimas en quinonas, que después se polimerizan para formar los polímeros que constituyen el humus. Separación de las fracciones húmicas basada en su solubilidad en ácidos y bases.



Nota

Las sustancias húmicas no se fabrican sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica.

Dentro de la materia orgánica de tipo sedimentario son de especial interés las turbas, lignitos y leonarditas, ligados al proceso de formación del carbón.

El carbón consiste en distintos tipos de humus en un estado de descomposición avanzado, que se formaron durante épocas prehistóricas. Los distintos tipos de carbón que existen se han formado en distintas fases de evolución (carbonización).

La primera fase de la evolución de la materia orgánica vegetal es la turba que se deposita en turberas. Posteriormente la transformación de estos restos vegetales puede continuar hasta formar, en lo que sería la segunda fase evolutiva, el lignito.



La tercera fase es el carbón blando o carbón bituminoso y la cuarta fase evolutiva resulta en la formación del carbón duro (antracita). En el proceso de carbonificación se forman las sustancias húmicas, razón por la que en agricultura se utilizan como enmiendas de este tipo sustancias húmicas procedentes de minas de lignitos o de leonarditas, siendo la leonardita un material orgánico que todavía no ha alcanzado el estadio de carbón.

Las sustancias húmicas de este origen son similares a las del suelo, aunque su complejidad puede venir aumentada por el proceso de carbonificación.

La turba. La turba es un material procedente de la acumulación de vegetales en medios anaeróbicos o semianaeróbicos (turberas). Pueden ser de distintos tipos según las condiciones de formación de las turberas, que se suelen diferenciar en turberas altas u oligotróficas y en turberas bajas o eutróficas.

Las turbas eutróficas también se conocen como turbas rubias, las turbas oligotróficas también se conocen como turbas negras y la turba se forma por degradación bioquímica del material vegetal acumulado. Durante este proceso tiene lugar la humificación o formación de humus.

El lignito. El lignito es un tipo de carbón blando. Consiste en un material muy meteorizado y oxidado, con un elevado contenido en carbono orgánico. Se utiliza frecuentemente para la fabricación de enmiendas húmicas, puesto que contiene sustancias húmicas polimerizadas.

La leonardita. La leonardita es una forma oxidada del carbón de origen lignítico formada principalmente por sales de ácidos húmicos. Es un material de color marrón parecido al carbón blando.

5.1 Funciones de las sustancias húmicas

Los compuestos húmicos contienen grupos funcionales ácidos, por lo que intervienen en las reacciones de intercambio catiónico; así pues, la presencia de humus aumenta la capacidad de intercambio catiónico de un suelo o de un sustrato.

Las sustancias húmicas, además, tienen un papel importante en la disponibilidad de micronutrientes para las plantas, puesto que forman complejos con los metales como el hierro, manganeso, cinc y cobre, contribuyendo además a mejorar la absorción por las plantas del fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio. Los efectos beneficiosos de las sustancias húmicas en el crecimiento vegetal son obvios. Las aplicaciones de sustancias húmicas a suelos pobres en arcillas y materia orgánica, o a soluciones nutritivas, producen un mayor crecimiento en las plantas, atribuyéndose ello principalmente a su capacidad de mejorar la absorción de los distintos nutrientes.



Nota

Las sustancias húmicas interaccionan con las arcillas del suelo y estabilizan los agregados del suelo, previniendo la erosión.



6. AMINOÁCIDOS

Otro elemento fundamental en los abonos orgánicos, son los aminoácidos.

Desde 1804 hasta nuestros días, los fisiólogos vegetales han demostrado que, además del carbono, hidrógeno y oxígeno, son trece los elementos químicos que se consideran esenciales, para la vida de las plantas.

De éstos, el más importante con diferencia es el nitrógeno. La fertilización tradicional no siempre consigue su objetivo. Situaciones de estrés hídrico, térmico o fitotóxico, pueden impedir que las plantas absorban el nitrógeno disponible y lo utilicen para sus procesos biosintéticos.

Estos problemas pueden solucionarse, valiéndose de los conocimientos más modernos de fisiología vegetal utilizando elementos básicos de la biosíntesis, es decir los aminoácidos. Los aminoácidos constituyen la base fundamental de cualquier molécula biológica, y son compuestos orgánicos. No puede realizarse proceso biológico alguno, sin que en alguna fase del mismo intervengan los aminoácidos.



Elaboración de aminoácidos

Estos aminoácidos se fabrican en empresas especializadas, mediante un recipiente mezclador en el cual se colocarán levaduras, y otros productos. Posteriormente y mediante diversas hidrólisis y centrifugación, se dispondrá del abono orgánico.

Las proteínas son sustancias orgánicas nitrogenadas de elevado peso molecular, y todas están constituidas por series definidas de aminoácidos.

Los aminoácidos son por tanto las unidades básicas de las proteínas. La mayoría de las proteínas contienen veinte aminoácidos. Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas, por medio de procesos de aminación y transaminación, los cuales conllevan un gran gasto energético por parte de la planta.



Partiendo del ciclo del nitrógeno, se plantea la posibilidad de poder suministrar aminoácidos a la planta, para que ella se ahore el trabajo de sintetizarlos, y de esta forma poder obtener una mejor y más rápida respuesta en la planta. De esta forma los aminoácidos son rápidamente utilizados por las plantas, y el transporte de los mismos tiene lugar nada más aplicarse, dirigiéndose a todas las partes, sobre todo a los órganos en crecimiento.

Los aminoácidos, además de una función nutricional, pueden actuar como reguladores del transporte de microelementos, ya que pueden formar complejos con metales en forma de quelatos. Pero la calidad de un producto, a base de aminoácidos, tiene relación directa con el procedimiento empleado para la obtención de dichos aminoácidos.

7. LOS ABONOS LÍQUIDOS ORGÁNICOS

Son los abonos obtenidos en base a la fermentación de residuos orgánicos, que generalmente se aplican foliarmente.

7.1 Té de estiércol

El té de estiércol es una preparación que convierte el estiércol sólido en un abono líquido. En el proceso de hacerse té, el estiércol suelta sus nutrientes al agua y así se hacen disponibles para las plantas.

El procedimiento para preparar el té de estiércol es bastante sencillo; para esto se llena un costal hasta mitad con cualquier tipo de estiércol, se amarra el costal con una cuerda dejando una de sus puntas de 1.5 m de largo; seguidamente se sumerge el costal con el estiércol en un tanque con capacidad para 200 litros de agua, tapa la boca con un pedazo de plástico, y se deja fermentar durante 2 semanas. Se saca el costal y de esta manera el té de estiércol está listo.

Para aplicar este abono, debe diluirse 1 parte de té de estiércol con 4 - 6 partes de agua fresca y limpia y luego con el auxilio de una regadera se aplica en banda a los cultivos o alrededor de las plantas de frutales. También puede aplicarse este abono a través de la línea de riego por goteo (200 l/ha cada 15 días).

El té de estiércol puede mejorarse aplicando vísceras de pescado o plantas con efecto biocida como "cardo santo" (*Argemone mexicana*), "marco" (*Ambrosia peruviana*), "ortiga" (*Urtica urens*), etc., o también puede ser enriquecido con leguminosas en brote como alfalfa (*Medicago sativa*), incorporados en el saco con el estiércol en una proporción de 10 a 2 (10 partes de estiércol por 2 partes de la planta).

7.2 Elaboración de purín

Mezclando el estiércol y la orina de los animales se obtiene el purín, rico en nitrógeno y microelementos, que cumple la misma función que un abono foliar. Tiene un alto contenido en aminoácidos, e incrementa la actividad microbiana del suelo. El purín es una mezcla líquida de un 20 a 25 % de estiércol y un 80 a 85 % de orinas.



Contenido de N – P – K y pH de los purines animales

Nutrientes (ppm)	Cuy	Porcinos	Vaca
Nitrógeno	0.70	0.91	0.46
Fósforo	0.05	0.29	0.07
Potasio	0.11	0.28	0.48
pH	10.00	8.00	9.00

a. Recolección del purín

Se puede recolectar el purín en pequeños tanques de 0.50 m x 0.50 m x 0.60 m de profundidad. Se construye en un establo con pendientes del 2 % y se cubre con cemento. Este debe tener un tipo de canaleta al centro o al costado que lleve hacia un tanque recolector, donde se filtrará la orina mezclada con estiércol. El purín está listo para ser utilizado a los 15 días de ser recolectado.

b. Uso y aplicación del purín

El purín se aplica al follaje en todos los cultivos como papa, maíz y hortalizas. Se recomienda aplicar 3 litros de purín en 15 litros de agua. Es más recomendable utilizarlo en época de crecimiento de las plantas, dado que en esta etapa las plantas tienen capacidad de absorber el 50% de las sustancias nutritivas del purín. También se lo puede mezclar con hierbas amargas (marco, ortiga, etc.) y usarlo al mismo tiempo para controlar plagas y enfermedades.

7.3 El biol

El biol se obtiene del proceso de descomposición anaeróbica de los desechos orgánicos. La técnica empleada para lograr éste propósito son los biodigestores.

Los biodigestores se desarrollaron principalmente con la finalidad de producir energía y abono para las plantas utilizando el estiércol de los animales. Sin embargo, en los últimos años, esta técnica está priorizando la producción de bioabono, especialmente del abono foliar denominado biol.

El biol es el líquido que se descarga de un digestor 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. Existen diversas formas para enriquecer el biol en el contenido de fitoreguladores así como de sus precursores, mediante la adición de alfalfa picada en un 5% del peso total de la biomasa, también se logra un mayor contenido en fósforo adicionando vísceras de pescado (1 Kg/m²).

a. Composición del biol

La composición bioquímica del biol obtenido del estiércol de ganado lechero estabulado, que recibe en promedio una ración diaria de 60 % de alfalfa, 30 % de maíz ensilado y 10 % de alimentos concentrados (BE), contiene elementos precursores y hormonas vegetales.

**Componentes de biol en base a estiércol de vacuno**

Componente	U	BE	BEA
Sólidos totales	%	5.6	9.9
Materia orgánica	%	38.0	41.1
Fibra	%	20.0	26.2
Nitrógeno	%	1.6	2.7
Fósforo	%	0.2	0.3
Potasio	%	1.5	2.1
Calcio	%	0.2	0.4
Azufre	%	0.2	0.2
Ácido indol acético	ng/g	12.0	67.1
Giberalinas	ng/g	9.7	20.5
Purinas	ng/g	9.3	24.4
Tiamina (B1)	ng/g	187.5	302.6
Riboflavina (B2)	ng/g	83.3	210.1
Piridoxina (B6)	ng/g	33.1	110.7
Ácido nicotínico	ng/g	10.8	35.8
Ácido fólico	ng/g	14.2	45.6
Cisterna	ng/g	9.2	27.4
Triptofano	ng/g	56.6	127.1

b. Producción del biol

El propósito fundamental para la implementación de los biodigestores es la producción de abono líquido y sólido, esta se puede realizar de diversas formas, pero garantizando las condiciones anaeróbicas. Una de las formas para producir abono, es lo que se viene implementando con el nombre de los biodigestores campesinos que consiste en lo siguiente:

Los materiales que se utilizan son una manga de plástico gruesa cerrada de 5 m como mínimo, 40 cm de un tubo de PVC de 4 pulgadas de diámetro, una botella de gaseosa (1.5 L) descartable y tiras de jebe.

La cantidad de agua varía de acuerdo con la materia prima destinada a la fermentación, sin embargo si utilizamos estiércol fresco utilizaremos 3 cantidades de agua por una de estiércol.



c. Uso del biol

El biol, puede ser utilizado en una gran variedad de plantas, sean de ciclo corto, anuales, bianuales o perennes, gramíneas, forrajeras, leguminosas, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y ornamentales, con aplicaciones dirigidas al follaje, al suelo, a la semilla y/o a la raíz.

Uso del biol como activador de la germinación y enraizador

Cultivo	Estado	Biol / 10 litros de agua
Ají	Plántula	5 litros /30 min.
Maíz	Semilla	5 litros / 1 hora
Frejol	Semilla	3 litros / 10 min.
Tomate	Plántula	5 litros / 10 min.
Tara	Semilla	8 litros / 1 día

Uso del biol como abono foliar

Cultivo	Etapa de desarrollo	Litros/biol/cilindro
Algodonero	Desahije	30
	Botones	50
	Antes de la floración	50
	Antes bellotaje	50
Maíz	15 días de germinación	30
	Crecimiento	40
	Antes de la floración	40
	Después de la floración	50
Frejol	15 días de germinación	30
	Antes de la floración	50
	Antes del cuajado	50
	Antes de la maduracion	50
Ají	15 días después del transplante	30
	Aplicaciones cada 15 días antes del cuajado	50
	Desarrollo de los frutos	100
	En la maduracion	100
Hortalizas	Al transplante	15
	Durante el periodo vegetativo	50
Frutales	Al hinchamiento de yemas	50
	Antes del cuajado	40
	Desarrollo de frutos	60
	Antes de la maduracion	60



8. LOS ABONOS VERDES

8.1 Generalidades

En líneas generales, los efectos favorables del abonado verde no acaban en el aspecto nutricional sobre el vegetal, sino que alcanzan a todos los componentes relacionados con la fertilidad global del suelo agrícola. Los nitratos naturales no son arrastrados como ocurre con los procedentes de abonos químicos, que contaminan las aguas subterráneas y de allí las fuentes y ríos.

A su vez fomenta la descomposición de restos vegetales que originarán el humus y estructurarán el suelo. Éste quedará aireado, ligero y fácil de trabajar gracias también a la acción mecánica de las raíces multiplicando varias veces el número de lombrices.



Nota

Los abonos verdes pueden aumentar el fósforo asimilable, así como el potasio y otros elementos, y todo ello hace que los microorganismos se desarrollen de forma notable tras el abono verde.

Se siembran antes o después de los cultivos principales, o intercalados entre las líneas, midiendo muy bien los momentos de siembra y de siega. Constituirá una terapia ideal para tierras poco productivas debido a suelos desestructurados, compactados, agotados o contaminados. También se benefician tierras en mejor estado. El suelo no es inerte, son precisamente los organismos vivos que en ella viven los que hacen posible su fertilidad haciendo de la materia muerta la base para la nueva vida. Todo lo que sea, por tanto, fomentar la existencia y dinamismo de tales organismos llevará a un suelo más sano y productivo.

De media, un buen suelo está formado por un 93% de mineral y un 7% de sustancias orgánicas. Esta parte se compone de un 85% de humus, un 10% de raíces y un 5% de organismos vivos como; hongos, bacterias, gusanos, arácnidos e insectos.

En las tierras agrícolas convencionales el suelo ejerce como casi única función la de sostén de las plantas. La extracción de energía que realiza el cultivo se restituye mediante materias sintéticas casi siempre contaminantes, tanto en su producción como en su aplicación, lo que contribuye a la degradación del agrosistema. Los cultivos de estas tierras requieren permanentes cuidados, pues son ecosistemas muy simplificados, inestables y desequilibrados. Los cultivos producidos son débiles y por tanto muy sensibles a los fitófagos, terminando allí la cadena trófica al haber eliminado el máximo posible de otras plantas (malas hierbas) e insectos.

La Agroecología busca siempre la forma de mantener al máximo los ciclos naturales, ya sea restituyendo materia orgánica o mejor fomentando su formación en el agrosistema. Y una muy buena forma es mediante el uso de los abonos verdes. Así se conserva la diversidad vital del suelo, fuente de equilibrio y origen de la salud y productividad de los mismos. Por otra parte es un gran enriquecimiento tener en cuenta las propiedades medicinales y los usos tradicionales de estas plantas. Cada cual de las plantas aquí incluidas tiene sus necesidades en cuanto a condiciones ecológicas para sembrarse con éxito (tipo de suelo, temperatura, luz, humedad), como sembrar, cuando hacerlo, plantas simbióticas, cuando segar, propiedades para la fauna útil y aporte o liberación de minerales del suelo; por tanto es necesario hacer un análisis de cada caso.



El abonamiento verde es una práctica que consiste en cultivar plantas, especialmente leguminosas como: trébol, alfalfa, frijol, alfalfilla, etc. o gramíneas corno: avena, cebada, rye grass, etc., luego son incorporados al suelo en estado verde, sin previa descomposición, con el propósito de mejorar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo, reestableciendo y mejorando su fertilidad natural. Es recomendable utilizar mezclas de cultivos para utilizar, los como abonos verde, porque mientras las leguminosas aportan nitrógeno, las gramíneas mejoran el contenido de materia orgánica.

8.2 Importancia de los abonos verdes

Al descomponerse los abonos verdes, dan lugar a una serie de reacciones bioquímicas que incrementan la actividad microbiana del suelo, dando lugar a una mayor cantidad y diversidad de microorganismos, que se van a encargar de la mineralización de los elementos nutritivos haciéndolos disponibles para las plantas. También cuando son incorporados al suelo favorecen la actividad de los microorganismos como hongos y bacterias que descomponen la celulosa, las que a su vez refuerzan con sus secreciones la consistencia de los agregados del suelo, que son necesarios para el correcto equilibrio del agua y del aire en el suelo.

8.3 Ventajas de la incorporación de abonos verdes al suelo

- Aumenta el contenido de materia orgánica del suelo, especialmente cuando son incorporadas mezclas de plantas.
- Aumenta la disponibilidad de macro y micronutrientes en el suelo, en forma asimilable para las plantas.
- Permite elevar el pH del suelo principalmente por la acción de las leguminosas.
- Incrementa la capacidad de reciclaje y movilización de los nutrientes poco solubles.
- Mejora la estructura del suelo y su capacidad de retención de agua.
- Permite una buena cobertura vegetal, reduciendo la erosión.
- Permite una buena cobertura vegetal, reduciendo la erosión.
- Favorece la actividad de los microorganismos del suelo.
- Favorece la restitución del fósforo y potasio al suelo.
- Genera también beneficios complementarios, por que pueden ser usados como forraje y por la abundante floración de las plantas son aprovechados por las abejas.

8.4 Características que deben ser observadas para seleccionar abonos verdes

Las principales características que deben ser observadas para la selección de los abonos verdes son:

- Presentar rápido crecimiento inicial (agresividad inicial) y eficiente cobertura del suelo.
- Producción de elevadas cantidades de fitomasa (materia verde y seca).
- Capacidad de reciclaje de nutrientes.
- Facilidad de implantación y manejo en campo.
- Presentar bajo nivel de ataque de plagas y enfermedades y no comportarse como planta hospedera.
- Presentar un sistema radicular profundo y bien desarrollado.
- Ser de fácil manejo para su incorporación al suelo y posterior implantación de cultivos.
- Presentar potencial para uso múltiple en la finca.
- Presentar tolerancia o resistencia a la sequía y/o heladas.



- Presentar tolerancia a la baja fertilidad y capacidad de adaptación a suelos degradados.
- Posibilidad de producción de semillas en cantidades suficientes para aumentar sus áreas de cultivo.
- No comportarse como planta invasora, dificultando los cultivos sucesivos y/o la rotación.
- Pertener a la familia de las leguminosas.
- Poseer semillas de tamaño medio (1000 a 1500 semillas/kg.), aptas para germinar en suelo preparado convencionalmente.
- Especies que produzcan plántulas robustas, capaces de soportar la inclemencia del tiempo.
- Poseer semillas permeables al agua, lo que facilita la germinación.
- No ser plantas trepadoras, principalmente si fueran de ciclo perenne.
- Tenga facilidad de adaptación a los sistemas de cultivo predominantes en la región.
- Tenga buena capacidad de rebrote en casos de corte de la parte aérea.
- Tenga buena capacidad de resiembra natural.

A pesar de requerir tantas características, esto no significa que cada especie deba cumplir todos estos prerequisitos. En realidad, dependiendo de la especie de abono verde (invierno o verano; arbustiva o rastrera, ciclo corto o largo), del sistema de cultivo y de la condición del agricultor, algunos de los puntos pueden ser despreciados. Por esta razón, en el ámbito de la propiedad agrícola, sólo algunas de estas características serán de importancia fundamental, siendo por lo tanto utilizadas como criterios de selección.

8.5 Funciones del abono verde

- Protege la capa superficial del suelo contra las lluvias de alta intensidad, el sol y el viento.
- Mantiene elevadas tasas de infiltración de agua por el efecto combinado del sistema radicular y de la cobertura vegetal. Las raíces después de su descomposición, dejan canales en el suelo y la cobertura evita una desagregación y sellado de la superficie y reduce la velocidad de la escorrentía.
- Promueve un considerable y continuo aporte de biomasa al suelo, de manera que mantiene e incluso eleva, a lo largo de los años, el contenido de materia orgánica.
- Atenua la amplitud térmica y disminuye la evaporación del suelo, aumentando la disponibilidad de agua para los cultivos comerciales.
- Por medio del sistema radicular, rompe capas duras y promueve la aireación y estructuración del suelo, induciendo la preparación biológica del suelo.
- Promueve el reciclaje de nutrientes; el sistema radicular bien desarrollado de muchos abonos verdes, tiene la capacidad de traslocar los nutrientes que se encuentran en capas profundas hacia las capas superficiales del suelo, poniéndolos a disposición de los cultivos posteriores.
- Disminuye la lixiviación de nutrientes; la ocurrencia de lluvias intensas y de precipitaciones elevadas normalmente induce a un intenso proceso de lixiviación de nutrientes. El abono verde, al retener nutrientes en la fitomasa y liberarlos de forma gradual durante la descomposición del tejido vegetal, atenua este problema.
- Promueve la adición de nitrógeno al suelo a través de la fijación biológica de las leguminosas; esto puede representar una importante economía de este elemento en la fertilización de los cultivos comerciales, además de mejorar el balance de nitrógeno del suelo.



- Reduce la población de malezas a través del efecto supresor y/o alelopático ocasionado por el rápido crecimiento inicial y exuberante desarrollo de la biomasa.
- El crecimiento de los abonos verdes y su descomposición activan el ciclo de muchas especies de macroorganismos y principalmente microorganismos del suelo, cuya actividad mejora la dinámica física y química del suelo.
- Presenta múltiples usos en la propiedad agrícola; algunos abonos verdes poseen elevada calidad nutritiva, pudiendo ser utilizados en la alimentación animal (avena, arveja, gandul y lablab), en la alimentación humana (altramuz y gandul) o, hasta ser utilizados como fuente de madera y leña (Leucaena sp.).

8.6 Especies utilizadas como abonos verdes

Aunque se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas para tal fin, son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

Las leguminosas. Son las más empleadas dadas su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes. Hay autores que afirman que las leguminosas además mejoran el terreno con la penetración de sus raíces y que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de 1 m de longitud).

Se emplean principalmente las especies de trébol blanco enano (*Trifolium repens*), trébol violeta (*T. pratense*), veza vellosa (*Vicia villosa*), habas (*Vicia faba*), altramuces (*Lupinus sp.*), meliloto amarillo (*Melilotus officinalis*), serradilla (*Ornithopus sativus*), etc.; además de otras leguminosas tradicionales de interés para el sudeste español como los yeros (*Vicia ervilia*), las algarrobas (*Vicia monanthos*) y la almorta (*Lathyrus sativum*). Es frecuente el cultivo de leguminosas mezcladas con cereales u otras gramíneas: Veza+cebada; veza + avena; tréboles + ray grass; guisante forrajero + veza, etc. En Chile se ha probado la utilización de la arveja (*Pisum sativum L.*) y la vicia (*Vicia atropurpurea*) como abonos verdes.

Las gramíneas. Sembradas con las leguminosas, mejoran mucho el terreno y forman humus estable. Las raíces de las gramíneas mejoran el terreno ablandándolo en la superficie. En particular el centeno (*Secale cereale*) está indicado para siembra otoñal asociado a algarroba o habas. La avena (*Avena sativa*) está indicada para siembra de primavera, asociada con algarroba y guisante.

Las crucíferas. Tienen un desarrollo muy rápido proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales mejor que la mayor parte de las plantas gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltos al suelo. Como especies más utilizadas está el nabo forrajero (*Brassica napus var. Oleifera*), la mostaza blanca (*Sinapis alba*), el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*), etc. Se ha planteado también que las plantas de esta familia, con la acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble.

Fijación biológica de nitrógeno por leguminosas

Leguminosas	N (kg/ha/año)
Medicago sativa	127 – 333
Arachis hipogea	33 – 297
Centrosema pubescens	93 – 398
Crotalaria juncea	150 – 165
Pueraria phaseoloides	100
Desmodium sp.	70
Pisum sativum	81 – 148
Vicia sativa	90
Vicia villosa	110 – 184
Vicia faba	88 – 157
Cajanus cajan	41 – 90
Lens culinaris	35 – 77
Leucaena leucocephala	400 – 600
Glycine max	17 – 369
Macoptillium atropurpureum	70 – 181
Lupinus sp.	128
Trifolium repens	128 – 268
Melilotus alba	9 – 140
Trifolium alexandrinum	62 – 235
Trifolium pratense	17 – 191
Trifolium subterraneum	21 – 207

8.7 Cómo escoger cuales leguminosas usar como abono verde

Las leguminosas que vamos a usar deben tener las siguientes características:

- Deben ahorrar dinero y mano de obra.
- Deben tener un tallo leñoso por lo menos durante el primer año de desarrollo.
- Deben crecer con vigor en los suelos más pobres sin aplicar ningún tipo de fertilizante.
- Deben crecer bien con un mínimo de preparación de la tierra y sembrado con macana o al voleo.
- Las plantas deben estar libres de plagas y enfermedades.
- Deben ser resistentes a la sombra para sembrarla intercalada con cultivos básicos y resistentes a las sequías.
- Debe fijar grandes cantidades de nitrógeno y aumentar los rendimientos de los próximos cultivos.
- Identificar especies ideales para disminuir dependencia de monocultivo.

**Ventajas:**

- Dan a la tierra grandes cantidades de nitrógeno, hasta más de 200 Kg/Ha.
- Dan sombra a la tierra casi todo el año, ventaja importante en climas tropicales.
- Producen alimentos para consumo humano.
- Dan un ingreso efectivo, los campesinos pueden vender a otros campesinos las semillas y subproductos como la leña.

El uso de abonos verdes no es un costo sino un beneficio en el sistema. Cuando practicada en monocultivo o también en doble cultivo, o sea cuando el mismo o los mismos cultivos son repetidos en el mismo lugar cada año, la Siembra Directa es un sistema imperfecto e incompleto, en el que las enfermedades, plagas y malezas tienden a aumentar y las ganancias a decrecer. Una investigación adaptativa y el desarrollo de tecnología, son los factores más importantes para conseguir que la Siembra Directa funcione, esto es, sacar ventajas de todos los beneficios del sistema, reducir la presión de malezas y aumentar los retornos económicos.

8.8 Consideraciones para la instalación y manejo de los abonos verdes**a. Características deseables de los abonos verdes**

Las especies que se cultivan para abono verde deben llegar a producir abundante biomasa, es decir generar gran cantidad de raíces, tallos, hojas, flores, semillas, etc.; los cuales deben ser de fácil descomposición.

Por esta razón se recomienda que estos cultivos tengan raíces profundas, las cuales, al alcanzar mayores profundidades del suelo, captarán los nutrientes lixiviados por el agua y que se encuentran en dichas capas u horizontes, llevándolos hacia la superficie y poniéndolos a disposición de las plantas.

Las plantas a usar como abono verde deben ser de un corto periodo vegetativo se recomienda de dos a tres meses. Esta característica permitirá que el follaje del cultivo brinde una rápida protección al suelo, favoreciendo el control de las malezas por efecto de sombreadamiento.

Es preferible usar plantas leguminosas para abonos verdes, ya que estas plantas en sus raíces se asocian con unas bacterias llamadas Rhizobium, formando nódulos, que tienen la capacidad de fijar nitrógeno del aire y ponerlo a disposición de las plantas. Otros cultivos que pueden elegirse como abones verdes, pueden ser aquellos que tengan afinidad con las micorrizas, que son microorganismos que están presentes en el suelo y se encargaran de movilizar el fósforo, que es un elemento esencial para los cultivos.

Los cultivos utilizados como abono verde deben adaptarse y desarrollarse bajo condiciones mínimas de humedad y fertilidad, es decir deben ser capaces de desarrollar en suelos pobres. Asimismo, estos cultivos deberán aprovechar la humedad residual del suelo y ser menos exigentes en agua.



b. Mezclas de cultivos para abonos verdes

La mezcla de cultivos para abonos verdes generalmente dan mejores resultados que un solo cultivo.

Entre las principales ventajas tenemos: mayor resistencia a plagas y enfermedades, mejor cobertura del suelo y mejor enraizamiento en diferentes capas del suelo. Se recomienda asociar especies de plantas de diferentes familias (gramíneas, leguminosas, etc.), para obtener la mayor diversidad posible, de tal manera que se genere una abundante biomasa tanto en la parte aérea como dentro del suelo.

Para una hectárea, se recomienda las siguientes mezclas:

- Para suelos con baja fertilidad: 7.5 kg de Vicia + 17.5 kg de avena.
- Para terrenos salinos, arcillosos y compactos: 2.5 kg de Melilotus + 2.0 kg de rye grass.
- Para suelos medianamente fértiles: 2.5 kg de Melilotus + 5.0 kg de pasto elefante ó 4.0 kg de cebada.

c. Incorporación del abono verde al suelo

Es recomendable que el suelo tenga buena cobertura, la masa verde producida nunca debe ser incorporada profundamente, porque de esta manera se dificulta la descomposición. El abono verde debe ser incorporado superficialmente empleando las herramientas y, equipos usados en el predio. La profundidad de tapado no debe ser mayor de 20 centímetros, y se debe procurar distribuirlos en forma uniforme a lo largo del campo.

d. Descomposición de los abonos verdes

La descomposición ocurre con presencia de aire (aeróbica), de ahí que se recomienda enterrar la masa verde superficialmente. Para facilitar la descomposición de ésta, es necesario que el suelo tenga una humedad adecuada.

Esta materia orgánica incorporada y mezclada con el suelo, en presencia de aire y agua, empieza a descomponerse, en un proceso en el que participan activamente una serie de microorganismos del suelo y que depende además de la temperatura.

El tiempo de descomposición de estos materiales es variable, se estima que puede durar como mínimo unos 90 días, tiempo a partir del cual se producen una serie de cambios físicos, químicos y biológicos, en la que finalmente se tendrán nutrientes disponibles para los nuevos cultivos que se conduzcan.

8.9 Manejo de la fitomasa

La cantidad de fitomasa a ser producida en determinada área de explotación agrícola depende, básicamente, del interés y del objetivo del agricultor. El tiempo de permanencia de la cobertura vegetal es definido considerando el sistema de producción adoptado en la propiedad agrícola, pudiendo ser mayor o menor de aquél hasta entonces recomendado para esa práctica agrícola. No debe prescindirse de la cobertura del suelo bajo cultivo, en cualquier época del año, con miras al mantenimiento de su integridad física, química y biológica.



El agricultor puede optar por tres sistemas básicos de manejo:

- La incorporación total de la fitomasa, caracterizando al tradicional abono verde.
- La incorporación parcial de fitomasa, caracterizando el llamado cultivo mínimo.
- Manejo de la fitomasa, sin incorporación al suelo, caracterizando la siembra directa.

Incorporación total de la fitomasa: es el manejo más conocido y difundido entre los agricultores. La incorporación puede ser realizada en cualquier momento, dependiendo de los objetivos del agricultor; la época tradicionalmente recomendada para ello es durante la floración plena del abono verde. Es en esta fase que ocurre la máxima acumulación de biomasa y nutrientes. Cuando se realiza anticipadamente, la velocidad de descomposición de la biomasa será mayor y los niveles de nutrientes serán menores. Cuando el manejo se retarda, las plantas se tornan más leñosas (relación C/N mayor), y la descomposición será más lenta. La opción por esta o aquella época estará en función, principalmente de la época de siembra del cultivo sucesivo. Esta operación debe ser realizada con arados y discos.

Incorporación parcial de la fitomasa: para obtener la incorporación parcial de la fitomasa se utiliza el mínimo de operaciones de preparación del suelo, necesarias para dar condiciones favorables a la germinación de las semillas y el establecimiento de las plantas. La única operación de preparación del suelo es la apertura de un surco, con el distanciamiento en que se hará la siembra del cultivo posterior; en las entrelíneas el suelo permanece protegido. En este sistema la cobertura vegetal es prácticamente incorporada durante el surcado (20 a 40%). El resto de la cobertura vegetal podrá ser mantenida en la superficie o sea total o parcialmente incorporada durante la fertilización nitrogenada o durante el control de las malezas. Este sistema es viable en áreas con baja incidencia de malezas; en caso contrario, el método químico podrá ser usado para el control de las malezas. El cultivo mínimo, además de los varios beneficios que proporciona, reduce la cantidad de mano de obra necesaria para la implantación de los cultivos, al ser comparado con el cultivo convencional.

a. El cultivo mínimo con tracción animal puede ser realizado de cuatro maneras distintas en función de la especie y de la fase del ciclo vegetativo en el cual se encuentra el abono verde:

- *Cultivo mínimo antes de la floración del abono verde:* es realizado en áreas cultivadas con abonos verdes de porte bajo o rastrero y con un desarrollo inicial lento (serradela, trébol púrpura, lenteja), poca producción de biomasa y ciclo largo. El manejo es realizado cuando las plantas presentan 100% de cobertura del suelo. Los surcos deben ser anchos y la siembra, de preferencia, en líneas apareadas. Este sistema permite la siembra anticipada del maíz y la resiembra natural del abono verde. Al final del ciclo del abono verde, entre las líneas apareadas del cultivo principal, es posible una nueva siembra tardía directa, caracterizando así una asociación de sustitución o sucesión de cultivos.



- *Cultivo mínimo en la fase de floración plena del abono verde:* el manejo es realizado en la época de plena floración. En muchas ocasiones, cuando la producción de biomasa es muy grande, ocurren dificultades para realizar el surcado; algunas veces se atasca la reja del arado; otras veces, la biomasa del abono verde cae sobre el surco abierto, perjudicando la siembra y la emergencia del cultivo posterior. Para evitar estos problemas se recomienda, realizar un surcado cuando haya una cobertura total del suelo (100%), también llamado presurcado. En esta ocasión debe usarse un arado con reja media o grande. El presurcado retarda el crecimiento del abono verde y no permite la producción excesiva de biomasa. Durante la floración es realizado el surcado definitivo. Este tipo de cultivo mínimo es realizado con arvejilla común, arvejilla aterciopelada, chícharo, y otras especies afines. Al final del ciclo vegetativo del abono verde también es posible implantar un nuevo cultivo, con siembra directa, como asociación de sustitución o sucesión de cultivos en las entrelíneas del cultivo principal.
- *Cultivo mínimo después de la cosecha de cereales de invierno:* en este sistema, inmediatamente después de la cosecha del cereal de invierno (trigo, triticale, avena, centeno), se procede al surcado del área y a la siembra del cultivo principal. El control de malezas es semejante al sistema convencional;
- *Cultivo mínimo después del vuelco del abono verde:* este es el ejemplo típico del cultivo mínimo con abonos verdes de verano, como la mucuna, pero también puede ser usado con abonos verdes de invierno. Para el vuelco de las plantas se pueden utilizar equipos típicos como el rollo-cuchillo y el rollo-disco o aún el arado de discos o una segadora manual o mecánica. También se puede realizar la desecación química. Después de una o dos semanas del vuelco, cuando la biomasa está en estado avanzado del secado, se procede al surcado. Para el surcado con presencia de abonos verdes de porte erecto (avena, centeno, nabo forrajero, crotalarias, etc.) se recomienda el uso del arado surcador tradicional. En presencia de abonos verdes de hábito voluble (arvejilla común, arvejilla aterciopelada, mucuna) se recomienda adaptar un disco de corte al frente de la reja del arado para cortar los tallos de las plantas.

Es importante remarcar que el cultivo mínimo con tracción animal es un sistema adaptado para cultivos que son sembrados a grandes distancias (próximo a un metro entre filas) como el maíz, la yuca y el tabaco. Es necesario remarcar que el cultivo mínimo puede presentar algunos inconvenientes, tales como:

- Mayor dificultad en el surcado en comparación con el surcado del sistema convencional.
 - Mayor presencia de ratas y plagas del suelo.
 - No es recomendado para áreas con elevada incidencia de malezas.
 - Si no está bien planificado, el sistema puede interferir negativamente con los sistemas de producción tradicionales (cultivos intercalados y asociados de sustitución).
- b. El cultivo mínimo con tracción mecanizada no es un sistema difundido. Se da en especial en el cultivo de cebolla. En este sistema es preparada una pequeña faja de suelo para cada línea del cultivo (cebolla) con fertilización simultánea. La preparación es realizada a través de sembradoras adaptadas "Rotacaster" de siembra directa arrastradas por tractor de potencia media.



Manejo de la fitomasa sin incorporación al suelo. La secuencia de operaciones se inicia con el manejo de la biomasa sin incorporarla al suelo y termina, con la siembra del cultivo principal sin la preparación del suelo, lo que es conocido como siembra directa. Para la siembra directa son usadas máquinas especiales que abren un pequeño surco de profundidad y ancho suficientes para garantizar una buena cobertura y contacto de la semilla con el suelo (se remueve del 25 al 30% del suelo). En general, el control de malezas en este sistema es realizado a través de métodos químicos.

Para el manejo de la biomasa pueden ser utilizados métodos mecánicos (rollo-cuchillo, en casos especiales las segadoras o picadoras) y/o métodos químicos (desecación con herbicidas). Los métodos mecánicos deben ser usados con mucho criterio, principalmente a lo concerniente a la época del manejo, para evitar problemas de un mal vuelco y/o rebrote. Por eso, el vuelco debe efectuarse en plena floración o en fase de grano lechoso, de acuerdo a la especie a ser manejada.

En cuanto al método químico, son utilizados generalmente productos de acción total (desecantes), cuidando de evitar problemas de intoxicación y daños al medio ambiente. La variedad de máquinas sembradoras para la siembra directa es muy grande; existen a disposición máquinas manuales especialmente adaptadas (matracas, pica-palo o punzón, "saraquá") y máquinas de tracción motorizada, con sistema sembrador de precisión y accionado electrónicamente. La tecnología de la siembra directa para grandes áreas ofrece múltiples alternativas, mientras que para los agricultores pequeños son necesarios aún más y mejores equipos.

8.10 Abono verde intercalado con los cultivos

En esta modalidad el abono verde es sembrado en la entrelínea del cultivo comercial, y es especialmente adaptada a situaciones en las cuales el suelo tenga que ser utilizado de la manera más intensa posible.

Entre los abonos verdes utilizados en esta modalidad se destacan la mucuna intercalada con maíz, la soya perenne intercalada con cítricos, la arvejilla intercalada con viñedos, entre otros. Este tipo de abono verde debe ser realizado cuidadosamente, para evitar que el abono verde pueda competir con el cultivo comercial, ocasionando inclusive reducción en la productividad. Las principales ventajas de este sistema son el uso intensivo del suelo, el control eficiente de la erosión y la reducción de la propagación de malezas.

La utilización de abonos verdes en áreas degradadas por el manejo o en áreas que no están siendo temporalmente cultivadas puede ser una práctica recomendable.

Las principales especies utilizadas comprenden el gandul y especies de los géneros Indigofera, Leucaena, Tephrosia, Crotalaria, entre otras. Estas especies al poseer un sistema radicular profundo y elevada producción de biomasa, presentan la doble ventaja de recuperar las propiedades del suelo y posibilitar su utilización como alimento animal.



8.11 Efectos de los abonos verdes en los rendimientos de los cultivos

Los trabajos de investigación han mostrado la marcada influencia de los abonos verdes y de los residuos de cosecha de especies de plantas utilizadas como cobertura del suelo en los rendimientos de los cultivos. Estos resultados se refieren a la utilización tanto de abonos verdes de invierno como de verano. Sin embargo, de acuerdo a las exigencias de los cultivares o híbridos la respuesta puede ser distinta:

- La respuesta es positiva y el abono verde es capaz de suplir nitrógeno al cultivo;
- La respuesta es positiva, pero la práctica del abono verde podrá no ser suficiente para suplir la demanda de nitrógeno, especialmente en casos de cultivares/híbridos de elevada necesidad de este elemento.

Por ejemplo el aumento de productividad provocado por el uso de la **mucuna** fue equivalente a una dosis de 30 kg N/ha (700 kg/ha de maíz), pero que esta diferencia disminuyó a medida que hubo aumento de la dosis de fertilización nitrogenada.

8.12 Efectos de los abonos verdes en el control de malezas

El control de malezas es más eficiente en sistemas de cultivos con presencia de cobertura muerta, principalmente de especies de invierno. La acción de la cobertura muerta se da principalmente por el efecto alelopático de sus productos de descomposición. Los efectos alelopáticos son específicos, por eso el complejo que se desarrolla en las diferentes coberturas muertas difiere, cualitativa y cuantitativamente, en función del tipo de residuos vegetales de que están compuestas. Entre los diversos grupos de plantas utilizadas como cobertura muerta, las gramíneas (maíz, trigo, avena, cebada, centeno) parecen ejercer los efectos alelopáticos más pronunciados, mientras que las leguminosas (altramuz, serradela, mucuna) son también eficientes sobre diferentes especies de malezas.

Respecto a la relación entre malezas de hoja ancha y gramínea, se observó, que en las coberturas muertas de altramuz, nabo forrajero y repollo, las gramíneas dominan a las malezas de hoja ancha; mientras que con centeno y triticale sucede lo contrario; en cambio con trigo y avena es menor el dominio de un grupo sobre el otro. Seleccionando con criterio los cultivos de invierno formadores de cobertura muerta, es posible disminuir significativamente la propagación de malezas y con eso reducir también el uso de herbicidas. A pesar de las ventajas de la utilización de los cultivos de invierno para la formación de coberturas muertas y de sus efectos alelopáticos, debe considerarse que dan lugar a rebrotes. La serradela y la arveja producen muy poco rebrote, pero presentan el problema de la resiembra natural. En general, los cereales (avena negra, centeno, trigo y cebada), girasol, col forrajero, repollo y nabo forrajero producen fuerte rebrote, lo que exige el uso de herbicidas para su eliminación.



9. 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 se viene produciendo a nivel comercial inóculos a base de *Rhizobium* y *Azotobacter*.

Experiencias de campo demuestran que la fijación biológica de nitrógeno por intermedio de la asociación leguminosa (alfalfa, trébol, frijol, etc.) y *Rhizobium*, ascienden a cifras considerables de nitrógeno fijado en el suelo (50 - 400 kg/ha / año).

Las bacterias libres aplicadas en forma de biopreparados a partir de *Azotobacter* puede ser usada para cualquier cultivo, de esta manera incrementar su población. La inoculación con esta bacteria puede hacerse en zanahoria, repollo, remolacha, coliflor, cebolla, algodón, papa, etc. Es recomendable que cuando se usen estos microorganismos no se utilicen fertilizantes sintéticos.

9.1 Inoculación con bacterias simbióticas

Mediante este proceso se disemina artificialmente al suelo microorganismos adecuados, proporcionando a la semilla, al cultivo o al suelo un elevado número de microorganismos, capaces de multiplicarse en la rizósfera de la plántula para realizar una efectiva y elevada fijación de nitrógeno.



Nota

Los inoculantes comerciales contienen miles de millones de microorganismos benéficos capaces de fijar el nitrógeno del aire, entregarlo a los cultivos y aumentar las cosechas, con bajos costos y reduciendo el uso de los fertilizantes sintéticos.

En un cultivo bien inoculado, las bacterias de *Rhizobium* pueden producir, hasta 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea al año. Las bacterias fijadoras de nitrógeno son específicas para cada cultivo, por ejemplo, no todas las bacterias de *Rhizobium* pueden usarse indistintamente, por lo tanto las leguminosas son agrupadas de acuerdo a su asociación con ciertas bacterias del género *Rhizobium*.

Por ello las bacterias que se encuentran en los inoculantes deben ser eficientes en captar el nitrógeno, competir con organismos antagónicos, con buena capacidad de sobrevivencia e invadir la raíz. Los inoculantes debemos usarlos oportunamente, porque tienen un limitado tiempo de vida, por lo que debe ser almacenado en la sombra y a una temperatura de 12 °C.

9.2 Inoculación con bacterias libres

Las bacterias de vida libre como el *Azotobacter*, tienen la capacidad de utilizar el nitrógeno atmosférico para formar su propia célula; se multiplican rápidamente y proporcionan muchas ventajas, como regular el crecimiento de las plantas, producir hormonas y favorecer la solubilidad de la materia orgánica agregada al suelo como abono.



Estas bacterias tienen la ventaja de ser aplicadas a cualquier cultivo, en cualquier época de desarrollo de la planta, antes o durante la siembra, en la germinación, en los aporques y en los transplantes. Lo recomendable es mezclar previamente 100 kilogramos de estiércol o tierra húmeda, con 200 gramos de inoculante específico. Tapar con una manta y dejar fermentar 48 a 72 horas. Se enfriá, se ensaca y se aplica según se presente el caso:

- Al voleo: se distribuye uniformemente sobre la superficie del terreno o sobre el cultivo.
- En surcos: a chorro continuo, sobre la semilla, alrededor de la semilla o a un lado de la misma.
- En el aporque: al pie de la planta, alrededor de la planta, a uno o ambos lados de la hilera de las plantas.
- Al transplante: colocando al fondo del hoyo, o en el relleno. Es recomendable para frutales, papa, cebolla y ajo.

10. LA AZOLLA - ANABAENA

Es un helecho de tamaño pequeño que crece de manera natural en lagunas de poca profundidad y flujo lento, crece casi en todas partes del Perú y el mundo, pero abunda más en la región suni peruana (3,400 - 3,800 msnm). Cuando está joven, su color es verde con ligeras manchas rojas en el borde de sus pequeñas hojas, al envejecer se vuelve completamente roja.

Dentro de las hojas de la *Azolla* están contenidas millones de algas microscópicas llamadas *Anabaena*. Así, *Azolla* y *Anabaena* viviendo juntos pueden tomar y fijar potencialmente alrededor de 800 kg N/ha/año.



Estas algas tienen gran capacidad para tomar el nitrógeno del aire y convertirlo en nitrógeno orgánico.

10.1 Manejo y producción de Azolla

Por su fácil crecimiento, la *Azolla* puede producirse, cultivándose en pequeños estanques de poca profundidad, con chorro continuo y lento. Incluso, se puede aprovechar pequeñas lagunas naturales para sembrar y/o cosechar estas algas.

Para la instalación de estanques dedicados a la producción de *Azolla*, se debe escoger un lugar adecuado, preferentemente cerca de bofedales.

Características del estanque:

Un estanque para la producción de *Azolla* puede tener de 3 metros de ancho por 10 metros de largo y 30 cm de profundidad.

El estanque debe tener entrada y salida lenta y permanente de agua. A su alrededor se pueden plantar arbustos para dar un ligero sombreado. La capa de lodo orgánico debe componerse de las siguientes sustancias:

- Lodo negro de bofedales
- Tierra arcillosa o sedimentos finos y secos de lagunas
- Ceniza



10.2 Siembra de Azolla

Una vez preparado el estanque, se le incorpora el lodo orgánico. Seguidamente se llena con agua, dejando su entrada y salida lenta. Luego se siembra Azolla verde y fresca, que es extraída de cualquier laguna o bofedal. La cantidad de Azolla fresca necesaria para la siembra depende del tamaño del estanque. Así por ejemplo para el tamaño que se ha señalado, se necesita cubrir con Azolla más o menos 3 m (es decir 10 % del área total). También se puede aprovechar para sembrar y/o cosechar lagunas que se forman en temporadas de lluvias o lagunas superficiales perennes.

10.3 Cosecha de Azolla

Se cosecha cuando la laguna o estanque se ha llenado completamente de Azolla, justo cuando empieza a enrojecer (en ese estado es más rico en nitrógeno). Esto transcurre más o menos entre 20 a 30 días de la siembra. En verano (diciembre a marzo) las cosechas se reducen a 15 a 20 días, debido a la lluvia, calor y efecto de sombreado parcial de nubes y soleo alternado. En este sentido, bajo condiciones de sierra se puede obtener más de 11 cosechas al año. En cada cosecha siempre se debe dejar el 10 % del área para que la Azolla siga reproduciéndose.

10.4 Secado y aplicación de la Azolla

En la ribera seca de los estanques o lagunas se tiende en delgadas capas expuestas al sol. El lugar debe estar libre de animales de cría. Cuando se haya secado completa y suficientemente se utiliza corno abono o se guarda en un lugar seco y seguro.

Momentos antes del arado o volteo del suelo, se aplica al voleo en toda la chacra. Las cantidades a aplicarse por cultivo se indican en el siguiente cuadro:

Cultivo	Azolla seca a incorporarse t/ha
Papa	3.5
Maíz	3.0
Cebada, trigo	1.5
Olluco, mashua, oca	3.5
Quinua, kiwicha	2.5
Ajo	2.5
Cebolla	3.5



11. PRODUCCIÓN Y USO DE HONGOS MICORRÍTICOS

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 para que puedan desarrollarse con éxito.

Por tanto, la microflora simbiótica micorrítica tiene gran importancia en la forestación, especialmente en las especies del género *Pinus*, a tal punto que pueden suplir la fertilización a base de productos químicos. Existen diferentes tipos de micorrasas de acuerdo a como se asocian con las células de las raíces de los árboles, pudiendo encontrarse dentro de las raíces (endomicorrasas) o fuera de ellas (ectomicorrasas).

a. Beneficios de los hongos micorríticos

- 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 del 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; las raíces micorrizadas persisten durante mayor tiempo que las raíces no micorrizadas.
- Resistencia de raíces a infecciones causadas por hongos patógenos, tales como *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia*, especialmente en coníferas en época de lluvia.
- Incremento de la tolerancia del árbol a las toxinas del suelo (orgánicas e inorgánicas), valores extremos de acidez del suelo y mayor resistencia a las sequías.

Por otra parte debe mencionarse que algunas especies de hongos micorrizógenos son más beneficiosas que otras para el desarrollo de determinada especie forestal; así como algunas especies arbóreas en especial del género *Pinus*, tienen necesidad obligada de esta asociación para desarrollar mejor, esta característica no parece ser importante para otras especies de árboles.



Hongos micorríticos más comunes identificados en Perú

Especie	Lugar
<i>Suillus luteus</i>	Cajamarca, Huancayo y Huanuco
<i>Suillus granulatus</i>	Cuzco
<i>Tricholoma</i>	Cajamarca, Trujillo, Huanuco, Cuzco y Puno
<i>Higrophorus spp</i>	Cajamarca, Trujillo, Huancayo, Huanuco
<i>Psolithus tinctorius</i>	Cajamarca, Huancayo
<i>Scleroderma verrucosum</i>	Cajamarca, Lima, Trujillo y Huancayo
<i>Laccarea laccata</i>	Cajamarca y Huancayo
<i>Scleroderma spp</i>	Cajamarca y Pucallpa
<i>Licopordon spp</i>	Cajamarca y Lima
<i>Cyathus olla</i>	Cajamarca, Lima, Huancayo y Cuzco
<i>Tuber spp</i>	Huancayo, Huancavelica, Cuzco y Puno
<i>Cantherellus spp</i>	Huancayo

b. Método de inoculación en viveros

Consiste en extraer la tierra de la parte superficial de un bosque de la misma especie que pensamos producir en viveros; en esta tierra habrán cuerpos fructíferos, micelios y esporas de hongos micorríticos, raicillas micorrizadas, las que sirven de inóculo.

Esta tierra se conduce al vivero, se debe mezclar con el sustrato de repique (que se utiliza para llenar las bolsas), cuidando que no se seque demasiado. La producción será de 10 partes de sustrato de repique por una parte de suelo de bosque. Para inocular las camas altas para la producción de plantones a raíz desnuda, se mezcla el suelo de bosque con la tierra de la superficie de la cama alta, cuidando que el suelo de bosque no quede expuesto al sol; una vez micorrizadas las camas altas ya no será necesario repetir la inoculación en campañas posteriores.

Generalmente en época de lluvias se desarrollan en el bosque los cuerpos fructíferos de hongos micorríticos. Estos también pueden recolectarse y secarse a temperatura ambiente, una vez secos se los tritura o muela aplicándolos al sustrato de repique como si se tratara de un fertilizante; se debe cuidar de que no queden restos de hongo en la superficie.

Algunas especies de *Boletus* deben ser tratadas tomando ciertas precauciones debido a que se descomponen rápidamente; para dicho fin, se elimina la piel que cubre el sombrerito, se pone a secar al medio ambiente y bajo techo (nunca en estufas); luego se los tritura muy fácilmente. Esta forma de inoculación con cuerpos Fructíferos y esporas es muy práctica y positiva ya que se puede agregar al suelo hongos seleccionados y puros. Si los hongos no son aplicados inmediatamente se pueden guardar en bolsas de plástico bien cerradas, y la solución de esporas puede guardarse en refrigeración a 4 – 5 °C, hasta por 6 meses.



12. MULCH O COBERTURAS ORGÁNICAS

El mulch o cobertura es una capa de materia orgánica suelta, como paja, hierba cortada, hojas, y otros materiales similares, que se utiliza para cubrir el suelo que rodea las plantas, o que se coloca entre las hileras de plantas para proteger el suelo. El mulch ayuda a mantener una condición de suelo favorable.

Debido a que provienen de materiales vegetales, se produce la descomposición, lo que tiene varios efectos positivos tanto sobre el suelo como sobre las plantas.

12.1 Efectos del Mulch en el suelo

a. Efectos físicos

- Cuando se mezcla el con la capa superior del suelo, el material mantiene más húmedo el suelo y por lo general aumenta el crecimiento de las raíces.
- Reduce significativamente la evapotranspiración, haciendo menos frecuentes los riegos.
- El mulch mejora y estabiliza la estructura del suelo, actúa como un amortiguador, reduciendo la compactación del suelo favoreciendo la retención de la humedad.

b. Efectos químicos

- El mulch en los climas tropicales se descompone en dos o tres meses, liberando pequeñas cantidades de nutrientes que pueden ser utilizadas por las plantas. En climas templados la descomposición demora de 3 a 5 meses.
- Puede producirse una deficiencia de nitrógeno en las plantas que tienen mulch, debido a que los microorganismos que están descomponiendo el material orgánico toman cantidades apreciables de nitrógeno del suelo. Para evitar esto, debe aplicarse un abono líquido a la planta como suplemento de nitrógeno, pudiendo utilizarse biol, té de estiércol, purín, etc.

c. Efectos biológicos

- El mulch orgánico sirve como alimento para muchos microorganismos que se encuentran en el suelo. Ayuda también a mantener una temperatura constante para garantizar la actividad de los microorganismos.
- En ocasiones, con el mulch pueden introducirse al suelo organismos no deseados, como hongos, bacterias y nemátodos. Al revolver el mulch se puede eliminar el moho y la ovipositora de las plagas. Por otra parte, si bien puede usarse el mulch inmediatamente después de la siembra (pues ayuda a reducir la erosión de las camas, ocasionado por lluvias fuertes, hasta que las plantas produzcan suficiente cobertura viva sobre el suelo), es importante que durante la época lluviosa se retire el mulch de las plantas para evitar el ataque de enfermedades y plagas.
- Si se utiliza heno o paja para el mulch, es posible que semillas de malezas también se introduzcan al huerto. Esto puede evitarse si se utiliza solamente la parte intermedia de las plantas como material para el mulch. Las flores y las raíces deben ser convertidas primero en compost para poder ser utilizadas.



13. ORGANOPÓNICOS EN ZONAS MARGINALES

Constituye una técnica dentro del manejo de la agricultura sostenible que consiste en cultivar hortalizas en forma intensiva, haciendo uso de un sustrato orgánico. De esta manera se realiza el ciclaje y reciclaje de la materia orgánica, nutrientes y la energía solar en el sistema predial.

a. Construcción

- Se debe elegir el lugar más adecuado, de preferencia sin sombra, ni demasiada pendiente.
- Se construyen lechos de 1.20 m de ancho y un largo variable que puede ser entre 5 a 10 metros.
- El borde de estos lechos debe ser preferentemente de ladrillos.
- Debe contarse con agua en forma permanente.

b. Preparación del organopónico

- En el fondo del lecho se coloca una capa de paja o rastrojos.
- Luego colocamos una capa de estiércol y cubrimos con tierra.
- Todo esto debe humedecerse muy bien.
- Despues cubrimos con una capa de humus o compost.
- Finalmente se coloca una delgada capa de tierra para proteger el humus y la humedad.

c. Siembra de hortalizas

En los Organopónicos se puede sembrar todo tipo de hortalizas, de preferencia de corto período vegetativo; pueden ser también plantas medicinales y aromáticas.

La siembra se realiza en surcos y con humedad adecuada. Debe tenerse presente un sistema de rotación, para romper el ciclo biológico de plagas y aprovechar mejor los nutrientes del suelo.



d. Labores culturales

En las condiciones de cultivo organopónico es mucho más fácil el deshierbo, desahije, así como el control de plagas y enfermedades.

Ventajas:

- Permite el aprovechamiento de suelos muy erosionados, infértilles, en general aquellos que no están dedicados a la agricultura.
- Debido al material orgánico en el fondo del lecho del organopónico, se reduce la frecuencia de riego, aprovechando mejor el agua.
- Mediante esta técnica se utiliza mejor los desechos y residuos orgánicos, favoreciendo el reciclaje de energía y nutrientes.
- Se obtiene buena producción de hortalizas, mejorando la alimentación y los ingresos de la familia.
- Despues de la cosecha el material del lecho organopónico se constituye también en un abono natural.



Capítulo



Lombricultura

LA ELABORACIÓN DEL COMPOST

La composta es un tipo de abono orgánico que se prepara con diferentes materiales orgánicos, los cuales los podemos encontrar en nuestra misma parcela o comunidad. En este capítulo se detallará los pasos a seguir para una elaboración de compostaje.



1. CONSIDERACIONES GENERALES

La práctica del compostaje deriva probablemente del tradicional cúmulo de residuos en el medio rural, que se generaba en las tareas de limpieza y mantenimiento de viviendas e instalaciones. Los desechos de las actividades de granja, agropecuarias y domiciliarias se acopianan por un tiempo a la intemperie con el objetivo de que redujeran su tamaño para luego ser esparcidos empleándolos como abonos. En la naturaleza se produce de forma lenta pero continua el recambio cíclico de la materia y en términos generales a esta serie de procesos se le denomina mineralización. Cuando nos proponemos poner en marcha una técnica de compostaje, no estamos más que tratando de reproducir en forma parcial y a escala los procesos de la mineralización de la naturaleza.

En términos generales el compostaje se puede definir como una biotécnica donde es posible ejercer un control sobre los procesos de biodegradación de la materia orgánica. La biodegradación es consecuencia de la actividad de los microorganismos que crecen y se reproducen en los materiales orgánicos en descomposición. La consecuencia final de estas actividades vitales es la transformación de los materiales orgánicos originales en otras formas químicas. Los productos finales de esta degradación dependerán de los tipos de metabolismo y de los grupos fisiológicos que hayan intervenido. Es por estas razones, que los controles que se puedan ejercer, siempre estarán enfocados a favorecer el predominio de determinados metabolismos y en consecuencia a determinados grupos fisiológicos.

En una pila de material en compostaje, si bien se dan procesos de fermentación en determinadas etapas y bajo ciertas condiciones, lo deseable es que prevalezcan los metabolismos respiratorios de tipo aerobio, tratando de minimizar los procesos fermentativos y las respiraciones anaerobias, ya que los productos finales de este tipo de metabolismo no son adecuados para su aplicación agronómica y conducen a la pérdida de nutrientes.

Lo importante no es biodegradar, sino poder conducir esta biodegradación por rutas metabólicas, que nos permitan la obtención de un producto final lo más apropiado posible, en el menor tiempo posible. El éxito de un proceso de compostaje, dependerá entonces de aplicar los conocimientos de la microbiología, manejando la pila de compost como un medio de cultivo.

A lo largo de la historia, se han empleado distintos procedimientos en la producción de Compost que han generado numerosas publicaciones de divulgación con diferentes enfoques, posiblemente debido al desconocimiento de los mecanismos íntimos del proceso. Actualmente, se conoce la base científica de este proceso, y se lleva a cabo de una forma controlada. En tal sentido, el compostaje, se puede definir como un proceso dirigido y controlado de mineralización y pre-humificación de la materia orgánica, a través de un conjunto de técnicas que permiten el manejo de las variables del proceso; y que tienen como objetivo la obtención de un biofertilizante de características físico-químicas, biológicas y microbiológicas predeterminadas, conocido como Compost. A este proceso controlado de compostaje los denominamos compostaje aerotérmico o termoaeróbico para diferenciarlo de las técnicas tradicionales.



2. CARACTERÍSTICAS DEL COMPOST

Un residuo orgánico es transformado en una extraordinaria enmienda fertilizadora. Actúan sobre los nutrientes macromoleculares, llevándolos a estados directamente asimilables por las plantas, lo cual se manifiesta en notables mejoras de las cualidades organolépticas de frutos y flores y mejor resistencia a los agentes patógenos.

Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas. Su riqueza en oligoelementos lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo. Se puede utilizar a altas dosis sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas.

Además contiene hormonas, sustancias reguladoras del crecimiento y promotoras de las funciones vitales de las plantas. Está compuesto principalmente por carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, encontrándose también una gran cantidad de microorganismos.

También agrega material orgánico al suelo, aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos, promueve el crecimiento de la raíz y crea espacios para el aire y el agua. El compost se clasifica como un acondicionador del suelo más que como abono. Para ser clasificado como abono tendría que tener niveles más altos de nitrógeno, potasio y fósforo. El compost acabado agrega estos elementos y otros, pero es de efectos más lentos que los fertilizantes químicos, y aumenta la disponibilidad de estos elementos en el suelo. El compost cumple un rol trascendente al corregir y mejorar las condiciones físicas, químicas, biológicas de los suelos.



Nota

La acción microbiana del compost hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, así como micro y oligoelementos.



2.1 Efectos del compost en el suelo:

- Estimula la diversidad y actividad microbial en el suelo.
- Incrementa la estabilidad de los agregados.
- Mejora la porosidad total, la penetración del agua, el movimiento a través del suelo y el crecimiento de las raíces.
- La actividad de los microbios presentes en el compost reduce la de los microbios patógenos a las plantas como los nemátodos.
- Contiene muchos macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas.
- Provoca la formación de humus, complejo más estable de la materia orgánica que se encuentra sólo en el suelo y es el responsable de su fertilidad natural.
- Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente nitrógeno.
- Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampon.
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y ligando los sueltos y arenosos.
- Reduce la erosión del suelo.
- Incrementa la capacidad de retención de humedad.
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.
- Es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana.

2.2 Materias primas del compost:

Para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas. Pueden emplearse para hacer compost o como acondicionamiento. Los restos vegetales jóvenes como hojas, frutos, tubérculos, etc son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas, tallos, etc son menos ricos en nitrógeno.
- Abonos verdes, siegas de césped, malas hierbas, etc.
- Las ramas de poda de los frutales. Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compost, ya que con trozos grandes el tiempo de descomposición se alarga.
- Hojas. Pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
- Restos urbanos. Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como pueden ser restos de fruta y hortalizas, restos de animales de mataderos, etc.
- Estiércoles animales. Destaca el estiércolo de vaca, aunque otros de gran interés son la gallinaza, conejina o sirlo, estiércolo de caballo, de oveja y los purines.
- Complementos minerales. Son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnésicas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio y oligoelementos y las rocas síliceas trituradas en polvo.



- Plantas marinas. Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas como Posidonia oceánica, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compost ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos cuyo aprovechamiento en agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.
- Algas. También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos y fertilizantes para la fabricación de compost.



Residuos de cosechas

Estos materiales se acumulan en capas en forma intercalada; la primera capa estará constituida por restos de cosecha más los desperdicios de cocina, la siguiente capa será de estiércol, luego otra capa de restos de cosecha y otra capa de estiércol y así sucesivamente formando una ruma o pila de 1.5 metros de alto. Sobre cada capa de estiércol se puede colocar un puñado de ceniza o cal.

Para lograr que los microorganismos trabajen eficientemente en el proceso de descomposición se requiere suministrar aire para lo cual se debe hacer lo siguiente:

- Remover la pila del compost semanalmente.
- Evitar que la pila o ruma sea demasiado grande, lo recomendable es 2 m de ancho y 1.5 m de alto.
- Regar para mantener una humedad óptima (60 – 70 % de humedad).
- Ubicar la pila de preferencia en la sombra.



Contenido de nitrógeno y la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los recursos orgánicos usados para la elaboración del compost

Material	% de nitrógeno	Relación C/N
Orina	3,0	0,8
Estiércol de vaca	1,7	18 - 25
Estiércol de ave	3,0 - 6,0	10 - 12
Estiércol de ovino	3,8	20 - 25
Estiércol de cerdo	3,8	19 - 20
Estiércol de caballo	2,3	24
Harina de sangre	10,0 - 14,0	3
Césped cortado	2,4 - 3,6	12 - 20
Desperdicios de cocina	2,5 - 4,0	11 - 12
Hojas de Yuca	4,3	12
Ramas de Yuca	1,3	40
Rastrojo de papa	1,5	25
Paja de avena	0,5	80
Paja de trigo	0,3 - 0,6	80 - 150
Paja de arroz	0,4	100
Rastrojo de maní	2,8	20
Cáscara de maní	1,0	55
Rastrojo de maíz	0,8	55 - 70
Rastrojo de vicia	3,0	13
Bagazo de caña de azúcar	0,3	150
Aserrín fresco	0,1	500 - 800
Aserrín descompuesto	0,2	200



2.3 Análisis químico

Estos valores son típicos, y pueden variar mucho en función del material empleado para hacer el compost. Por otra parte, al tratarse de un producto natural no tiene una composición química constante.

Materia orgánica	65 – 70 %
Humedad	40 – 45 %
Nitrógeno como N ₂	1.5 – 2.0 %
Fósforo como P ₂ O ₅	2 – 2.5 %
Potasio como K ₂ O	1 – 1.5 %
Relación C/N	10 – 11
Acidos húmicos	2.5 – 3.0 %
pH	6.8 – 7.2
Carbono orgánico	14 – 30 %
Calcio	2 – 8 %

3. FASES DEL COMPOSTAJE AERÓBICO

Se caracteriza por el predominio de los metabolismos respiratorios aerobios y por la alternancia de etapas mesotérmicas (10 – 40 °C) con etapas termogénicas (40 -75 °C), y con la participación de microorganismos mesófilos y termófilos respectivamente. Las elevadas temperaturas alcanzadas, son consecuencia de la relación superficie/volumen de las pilas o camellones y de la actividad metabólica de los diferentes grupos fisiológicos participantes en el proceso. Durante la evolución del proceso se produce una sucesión natural de poblaciones de microorganismos que difieren en sus características nutricionales (quimioheterotrofos y quimioautotrofos), entre los que se establecen efectos sintróficos y nutrición cruzada.

Debemos distinguir en una pila o camellón dos regiones o zonas:

- La zona central o núcleo de compostaje, que es la que está sujeta a los cambios térmicos más evidentes.
- La corteza o zona cortical que es la zona que rodea al núcleo y cuyo espesor dependerá de la compactación y textura de los materiales utilizados.

El núcleo actúa como zona inductora sobre la corteza. No obstante, todos los procesos que se dan en el núcleo, no alcanzan la totalidad del volumen de la corteza. A los efectos prácticos y utilizando como criterio las temperaturas alcanzadas en el núcleo, podemos diferenciar las siguientes etapas:



a. Fase de latencia

Es la etapa inicial, considerada desde la conformación de la pila hasta que se constatan incrementos de temperatura, con respecto a la temperatura inicial. Esta etapa, es notoria cuando el material ingresa fresco al compostaje. Si el material tiene ya un tiempo de acopio puede pasar inadvertida. La duración de esta etapa es y variable, dependiendo de numerosos factores.

Si son correctos: el balance C/N, el pH y la concentración parcial de Oxígeno entonces la temperatura ambiente y fundamentalmente la carga de biomasa microbiana que contiene el material, son los dos factores que definen la duración de esta etapa. Con temperatura ambiente entre los 10 y 12 °C, en pilas adecuadamente conformadas, esta etapa puede durar de 24 a 72 hs.

b. Fase mesotérmica 1

(10-40°C); en esta etapa, se destacan las fermentaciones facultativas de la microflora mesófila, en concomitancia con oxidaciones aeróbicas (respiración aeróbica). Mientras se mantienen las condiciones de aerobiosis actúan Euactinomictos (aerobios estrictos), de importancia por su capacidad de producir antibióticos. Se dan también procesos de nitrificación y oxidación de compuestos reducidos de Azufre, Fósforo, etc. La participación de hongos se da al inicio de esta etapa y al final del proceso, en áreas muy específicas de los camellones de compostaje. La etapa mesotérmica es particularmente sensible al binomio óptimo humedad-aireación. La actividad metabólica incrementa paulatinamente la temperatura. La falta de disipación del calor produce un incremento aún mayor y favorece el desarrollo de la microflora termófila que se encuentra en estado latente en los residuos. La duración de esta etapa es variable, depende también de numerosos factores.

c. Etapa termogénica

(40-75°C); la microflora mesófila es sustituida por la termófila debido a la acción de Bacilos y Actinomicetos termófilos, entre los que también se establecen relaciones del tipo sintróficas. Normalmente en esta etapa, se eliminan todos los mesófilos patógenos, hongos, esporas, semillas y elementos biológicos indeseables. Si la compactación y ventilación son adecuadas, se producen visibles emanaciones de vapor de agua. El CO₂ se produce en volúmenes importantes que difunden desde el núcleo a la corteza. Este gas, juega un papel fundamental en el control de larvas de insectos. La corteza y más en aquellos materiales ricos en proteínas, es una zona donde se produce la puesta de insectos. La concentración de CO₂ alcanzada resulta letal para las larvas. Conforme el ambiente se hace totalmente anaerobio, los grupos termófilos interviniéntes, entran en fase de muerte. Como esta etapa es de gran interés para la higienización del material, es conveniente su prolongación hasta el agotamiento de nutrientes.

d. Etapa mesotérmica 2

Con el agotamiento de los nutrientes, y la desaparición de los termófilos, comienza el descenso de la temperatura. Cuando la misma se sitúa aproximadamente a temperaturas iguales o inferiores a los 40°C se desarrollan nuevamente los microorganismos mesófilos que utilizarán como nutrientes los materiales más resistentes a la biodegradación, tales como la celulosa y lignina restante en las parvas. Esta etapa se la conoce generalmente como etapa de maduración. Su duración depende de numerosos factores. La temperatura descenderá paulatinamente hasta presentarse en valores muy cercanos a la temperatura ambiente. En estos momentos se dice que el material se presenta estable biológicamente y se da por culminado el proceso.



Las etapas mencionadas, no se cumplen en la totalidad de la masa en compostaje, es necesario, remover las pilas de material en proceso, de forma tal que el material que se presenta en la corteza, pase a formar parte del núcleo.

Desde el punto de vista microbiológico la finalización del proceso de compostaje se tipifica por la ausencia de actividad metabólica. Las poblaciones microbianas se presentan en fase de muerte por agotamiento de nutrientes. Con frecuencia la muerte celular no va acompañada de lisis. La biomasa puede permanecer constante por un cierto período aún cuando la gran mayoría de la población se haya hecho no viable.

Las características descritas, corresponden a un compost en condición de estabilidad. Esta condición se diagnostica a través de diversos parámetros. Algunos de ellos, se pueden determinar en campo (temperatura, color, olor), otras determinaciones se deben realizar en laboratorio.



Nota

Estas remociones y reconformaciones de las pilas se realizan en momentos puntuales del proceso, y permiten además airear el material, lo que provoca que la secuencia de etapas descripta se presente por lo general más de una vez.

Algunos Parámetros de control de estabilidad del Compost

Temperatura	Estable
Color	Marrón oscuro-negro ceniza
Olor	sin olor desagradable
PH	alcalino (anaeróbico, 55 °C, 24 hs)
C/N	> =20
Nº de termófilos	decreciente a estable
Respiración	0 < 10 mg/g compost
Media	0 < 7.5 mg/compost
COD	< 700 mg/g (peso seco)
ATP	decreciendo a estable
CEC	> 60 meq./100 libre de cenizas
Actividad de enzimas hidrosolubles	Incrementándose-estable
Polisacáridos	< 30 - 50 mg glucidos/g. peso seco
Reducción de azúcares	35%
Germinación	< 8
Nemátodos	Ausentes

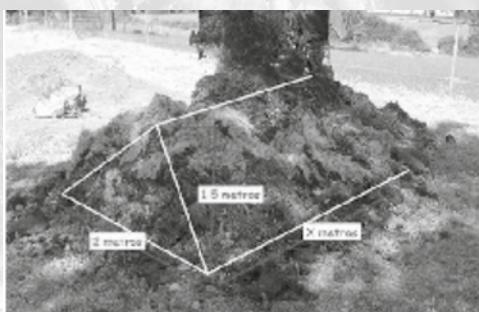


4. SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo de todos es además de transformar los residuos en Compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas).

- **Sistema en Camellones o Parvas**

Parvas, camellones o pilas es la denominación que se le da a la masa de residuos en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. A los sistemas donde se procesa el material mediante la conformación de estas estructuras se le denomina Sistema en Parvas o Camellones.



Pila dinámica o pila con volteo

De acuerdo al método de aireación utilizado, este sistema se subdivide además en:

Sistema en Parvas o Camellones Móviles, cuando la aireación y homogeneización se realiza por remoción y reconformación de las parvas y Sistema de Camellones o Parvas Estáticas cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje (métodos Beltsville y Rutgers), que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las parvas.

- **Sistema en Reactores**

Otros procesos de compostaje, no se basan en la conformación de parvas Los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como Reactores. Básicamente los reactores, son estructuras por lo general metálicas: cilíndricas o rectangulares, donde se mantienen controlados determinados parámetros (humedad, aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante. Los reactores móviles además, posibilitan la mezcla continua de los desechos mediante dispositivos mecánicos, con lo que se logra un proceso homogéneo en toda la masa en compostaje.



Compostaje en silo

Este tipo de sistemas, permite acelerar las etapas iniciales del proceso, denominadas incorrectamente "fermentación". Finalizadas estas etapas activas biológicamente, el material es retirado del reactor y acopiado para que se cumpla la "maduración". Los sistemas de compostaje en reactores son siempre sistemas industriales. Se aplican en aquellas situaciones donde diariamente se reciben volúmenes importantes de desechos, y para los cuales sería necesario disponer de superficies muy extensas. Tal es el caso de las grandes plantas de triaje y selección de Residuos Sólidos Domiciliarios (R.S.U.), donde a partir de la fracción orgánica recuperada de este tipo de residuos se produce compost en forma industrial.

5. CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS A COMPOSTAR

Describiremos aquellas características que consideramos relevantes de los residuos, y que inciden en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final.

a. Relación Carbono-Nitrógeno (C/N)

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El Carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción.

Una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 25 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, es decir $C\ (25)/N\ (1) = 25$.

En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N está en el orden de 10 nos indica que el material tiene relativamente más Nitrógeno. Si la relación es de por ejemplo 40, manifiesta que el material tiene relativamente más Carbono.



Un material que presente una C/N superior a 30, requerirá para su biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismos, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12 - 15 (considerada apropiada para uso agronómico) será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno. Las plantas y montes, contienen más nitrógeno cuando son jóvenes y menos en su madurez. Los residuos de origen animal presentan por lo general una baja relación C/N. Existen tablas, donde es posible obtener las relaciones de estos elementos para diferentes tipos de residuos. A título orientativo, adjuntamos la siguiente tabla. Si se desconocen estas relaciones en el material a compostar, lo aconsejable es realizar en un laboratorio las determinaciones correspondientes.



Nota

Las sustancias húmicas no se fabrican sino que se forman de modo natural a partir de la materia orgánica.

Puede suceder que el material que dispongamos no presente una relación C/N inicial apropiada para su compostaje. En este caso, debemos proceder a realizar una mezcla con otros materiales para lograr una relación apropiada. Este procedimiento se conoce como Balance de Nutrientes. A título de ejemplo, supongamos que disponemos de aserrín y excreta bovina, un balance adecuado se lograría mezclando 3 partes de excreta bovina con una parte de aserrín, obteniendo una relación C/N de entrada de aproximadamente 20. Cuando nos referimos a partes, las mismas pueden estar representadas por unidades ponderales (Kg, Ton) o Volumétricas (lts, m³). Desde el punto de vista práctico es aconsejable manejarlo con medidas volumétricas por ejemplo, para este ejemplo, mezclaríamos 3 m³ de excreta con 1 M³ de aserrín.

Con respecto al Balance de Nutrientes podemos sacar las siguientes reglas básicas:

- Utilizando materiales con una buena relación C/N, no es necesario realizar mezclas.
- Los materiales con relativo alto contenido en Carbono deben mezclarse con materiales con relativo alto contenido en Nitrógeno y viceversa.

b. Estructura y Tamaño de los Residuos

Numerosos materiales pierden rápidamente su estructura física cuando ingresan al proceso de compostaje (por ejemplo excretas), otros no obstante son muy resistentes a los cambios, tal es el caso de materiales leñosos y fibras vegetales en general. En este caso la superficie de contacto entre el microorganismo y los desechos es pobre, no olvide el carácter osmótrofo de la gran mayoría de las bacterias.

Cuando se presenta una situación de este tipo, por ejemplo disponemos de restos de poda de pequeño diámetro, debemos mezclar estos residuos con otros de diferente estabilidad estructural, de forma tal que aumente la superficie de contacto. Una opción sería la mezcla de estos restos de poda con excretas en proporciones tales que aseguremos una buena relación C/N de entrada.

Ante el caso de no disponer, de excretas u otro material de diferente estructura física, debemos recurrir al procesamiento del mismo, para lograr un tamaño adecuado y un proceso rápido. Las alternativas para este tipo de materiales leñosos y de gran tamaño es la utilización de trituradoras o chipeadoras. Para un diámetro medio máximo de partículas de 20 mm resulta un incremento significativo de la biodisponibilidad y del tiempo de compostaje cuando se compara con partículas mayores a 80 mm, por lo que el tamaño indicado de 20 mm a 10 mm es aconsejable para este tipo de materiales.



Trituraciones, chipeados y posteriores moliendas donde se obtengan diámetros inferiores a aproximadamente 3 mm, no son aconsejables, ya que la acumulación de materiales con estos diámetros tienden a compactarse en los asentamientos de las parvas, con lo que disminuye en forma importante la capacidad de intercambio gaseoso. No debe confundirse lo antedicho con la vieja usanza de pasar por molino los residuos sólidos urbanos en "crudo", pretendiendo luego procesarlo como compost, lo cual está totalmente contraindicado. Se obtenía un producto con alto contenido de impurezas inorgánicas que dificultaban su aplicación y convertían en peligrosa su manipulación por la presencia de vidrios y metales. Aun hoy, en algunos lugares de España, los campesinos dicen "si la tierra brilla después del compost, no sirve", por la presencia de vidrio molido que alteraba sus propiedades.

c. Humedad

El contenido en humedad de los desechos orgánicos crudos es muy variable, tal es el caso de la excretas y estíercoles, donde el contenido en humedad está íntimamente relacionado con la dieta. Si la humedad inicial de los residuos crudos es superior a un 50 %, necesariamente debemos buscar la forma de que el material pierda humedad, antes de conformar las pilas o camellones. Este procedimiento, podemos realizarlo extendiendo el material en capas delgadas para que pierda humedad por evaporación natural, o bien mezclándolo con materiales secos, procurando mantener siempre una adecuada relación C/N.

Humedades superiores a los valores indicados producirían un desplazamiento del aire entre las partículas de la materia orgánica, con lo que el medio se volvería anaerobio, favoreciendo los metabolismos fermentativos y las respiraciones anaeróbicas. Si la humedad se sitúa en valores inferiores al 10%, desciende la actividad biológica general y el proceso se vuelve extremadamente lento.

El carácter osmótico de la gran mayoría de grupos fisiológicos, implica que con humedades inferiores al 20%, las poblaciones pasen a fases estacionarias o en condiciones extremas a fase de muerte, retardando o deteniendo el proceso de compostaje. La humedad adecuada para cada etapa, depende de la naturaleza, compactación y textura de los materiales de la pila. Los materiales fibrosos y finos retienen mayor humedad y aumentan la superficie específica de contacto.



Nota

La humedad idónea para una biodegradación con franco predominio de la respiración aeróbica, se sitúa en el orden del 15 al 35 % (del 40 al 60 %, si se puede mantener una buena aireación).

d. El pH

El rango de pH tolerado por las bacterias en general es relativamente amplio, existen grupos fisiológicos adaptados a valores extremos. No obstante pH cercano al neutro (pH 6,5 - 7,5, ligeramente ácido o ligeramente alcalino nos asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento de la gran mayoría de los grupos fisiológicos. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos. Durante el proceso de compostaje se produce una sucesión natural del pH, que es necesaria para el proceso y que es acompañada por una sucesión de grupos fisiológicos.



No es habitual que nos enfrentemos a desechos orgánicos agrícolas que presenten un pH muy desplazado del neutro ($\text{pH} = 7$). Puede ser el caso de algunos residuos provenientes de actividades agroindustriales. Este tipo de residuos, se caracteriza por su estabilidad (resistencia a la biodegradación), y en general se trata de desechos con pH marcadamente ácido. De presentarse una situación de este tipo, debemos proceder a determinar el valor del pH y posteriormente realizar una neutralización mediante la adición de Piedra Caliza, Calcáreo o Carbonato de Calcio de uso agronómico.

e. La Aireación

La aireación es conjuntamente con la relación C/N uno de los principales parámetros a controlar en el proceso de Compostaje Aeróbico. Cuando como consecuencia de una mala aireación la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas baja a valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas.

En la práctica, esta situación se diagnostica por la aparición de olores nauseabundos, producto de respiraciones anaeróbicas (degradación por la vía de putrefacción, generación de dihidruro de azufre SH_2) o fuerte olor a Amoníaco producto de la Amonificación. En una masa en compostaje con una adecuada C/N, estas condiciones de anaerobiosis se producen por exceso de humedad o bien por una excesiva compactación del material. En estas situaciones, se debe proceder de inmediato a suspender los riegos y a la remoción del material y a la reconformación de los camellones.



6. EL PRECOMPOSTAJE

Se denomina Precompostaje, a todos aquellos procedimientos que se realizan antes de la conformación de las parvas o camellones, y tienen como objetivo acondicionar la masa de residuos para optimizar el proceso. Algunos de estos procedimientos ya los hemos mencionado:

- Balance de nutrientes (corrección de la relación C/N)
- Corrección del pH
- Chipeado
- Triturado
- Molienda



Preparación del compostaje

Algunos tipos de residuos, pueden presentar poca carga biológica o masa microbiana. Esto es frecuente en residuos frescos de origen agroindustrial que han sido sometidos en el proceso industrial a altas temperaturas. En estos casos es conveniente aplicar Técnicas de Bioaumentación. Las más sencillas de estas técnicas consisten básicamente en inocular artificialmente los desechos con una carga de microorganismos. Podemos utilizar, varias fuentes de inóculos. A continuación damos algunas alternativas ampliamente probadas:

- a. **Inóculo con suelo fértil:** el procedimiento consiste en extender en área los residuos en capas no superiores a los 20 cm., y posteriormente distribuir sobre ellos a razón de 0,5 kg/m² suelo fértil. Luego se mezcla y se procede a conformar el camellón. Aconsejado para materiales con exceso de humedad.
- b. **Inóculo por trasplante:** como en el ejemplo anterior se extienden los residuos de una parva en compostaje en etapa mesotérmica se extrae de su núcleo una cantidad de material suficiente para aplicar sobre el material extendido 100 g/m². Luego se mezcla y se procede a conformar el camellón. Aconsejado para materiales con exceso de humedad.



- c. **Inóculo con Caldo de Cultivo:** este procedimiento consiste en preparar un caldo de cultivo. Para ello tomamos un recipiente o tanque de aproximadamente 200 lts. En los mismos introducimos, 5 lts. de excreta de aves de corral (frescas), 20 lts., de estiércol bovino (fresco) y 5 lts. de suelo fértil o bien 5 lts. de material proveniente del núcleo de una parva en etapa mesotérmica. A continuación llenamos con agua el tanque hasta los 200 lts. y agitamos. El recipiente debe ser instalado en un lugar donde este sujeto a las mínimas variaciones térmicas. Luego de 48 hs., el inóculo puede ser aplicado. Cada vez que se retira un volumen de inóculo debe ser repuesto por un volumen igual de agua más 0,25 kg. de suelo fértil o bien 5 lts. de material proveniente del núcleo de una parva en etapa mesotérmica. El contenido del recipiente debe ser agitado y homogeneizado por lo menos una vez al día, tratando de remover el material sedimentado en el fondo. Según las condiciones climáticas, un preparado de acuerdo a las proporciones citadas puede rendir unos 600 a 700 lts. de Inóculo.



Cama de compostaje lista para su proceso

El material extendido en las dimensiones de los ejemplos anteriores es regado abundantemente con el preparado. Luego se conforman los camellones. Este tipo de inóculo es aconsejado para residuos deficitarios en humedad.



7. COMO DISEÑAR Y OPERAR UN SISTEMA DE COMPOSTAJE AERÓBICO

En este apartado, trataremos de aportarles aquellos conceptos que consideramos básicos para el diseño y operación de un sistema de compostaje aeróbico en camellones.

a. Aspectos cualitativos

Es importante caracterizar adecuadamente los residuos que nos disponemos a compostar, de acuerdo a los criterios y parámetros establecidos en el apartado Características de los Residuos. De existir alguna dificultad en los Balances de Nutrientes, debemos identificar localmente fuentes de desechos que nos permitan realizar las correcciones necesarias. De acuerdo a cada caso se instrumentarán los procedimientos de Precompostaje necesarios. Un aspecto muy importante a tener en cuenta es asegurarnos que los residuos estén libres de contaminantes químicos, en particular metales pesados. Esta situación no es frecuente en desechos provenientes de la actividad agropecuaria, pero puede presentarse en algunos residuos de origen agroindustrial y en residuos sólidos domiciliarios.

b. Aspectos cuantitativos

La cuantificación de los volúmenes que dispondremos para compostar, así como la frecuencia de ingreso de los mismos, es un dato de gran importancia, ya que nos permitirá calcular la necesidad de área de compostaje y determinar la Unidad de compostaje. Es aconsejable manejarse con medidas volumétricas y determinar los parámetros: Densidad (D), Masa (M) y Volumen (V), apartir de la fórmula $D = M/V$, expresando la Masa en toneladas (Ton.), y el volumen en metros cúbicos (m^3).

c. Unidad de Compostaje (Uc)

La Unidad de Compostaje, es la masa de residuos que nos permitirá la conformación de un camellón y que ingresará al sistema como una unidad independiente del resto. A título de ejemplo, supongamos el caso de un “Tambo”, donde diariamente se generan 90 kg. día de excretas, con una Densidad = 0,5, tendremos entonces:

Generación de residuos				
Densidad = 0,5	Día	Semana	Quincena	Mes
Peso en ton.	0,09	0,63	1,35	2,7
Volumen en m3	0,18	1,26	2,7	5,4

Para este ejemplo, consideraremos como Unidad de Compostaje, una masa de 2,7 ton. y con un volumen de 5,4 m3.



d. Diseño del Camellón o Parva

No es aconsejable la conformación de parvas o camellones de pequeños volúmenes, ya que las fluctuaciones de temperatura en estos pequeños volúmenes son muy bruscas. No conforme camellones con base inferior a los 2 m (dos metros). Como regla general, tome como altura la mitad de la base, los que nos permitirá obtener una buena relación Superficie/Volumen. A título de ejemplo, supongamos que tomamos como dimensiones del camellón las siguientes: base = 3 m / altura = 1.50 m., lo que nos da un volumen de 2,25 m³ por metro lineal de camellón.



Diseño de Camellón

Siguiendo con el ejemplo del tambo, si el volumen mensual de residuos que disponemos es de 5,4 m³ y la capacidad de carga del camellón diseñado es de 2,25 m³ por metro lineal, el cociente entre estos dos volúmenes nos dará la longitud de la Unidad de compostaje: $5,4 \text{ m}^3 / 2,25 \text{ m}^3 = 2,4 \text{ m}$.

e. El Tiempo de Compostaje (Tc)

Se entiende por Tiempo de Compostaje (Tc), el transcurrido desde la conformación de una parva o camellón hasta la obtención la obtención de Compost estable.

El Tc, varía según las características de los residuos a compostar, las condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, % de humedad relativa, etc.); manejo físico-químico; manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. El Tc, es un parámetro que puede ser controlado y establecido con cierto grado de certeza a través del conjunto de técnicas descritas con anterioridad.

f. Área de Compostaje

El área donde se conforman las pilas y se lleva a cabo el proceso se denomina corrientemente canchas de compostaje o patios. En el momento de seleccionar el área destinada a las canchas debemos considerar los siguientes factores:

- En lo posible estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno. Nunca se ubicarán en depresiones del mismo. Es necesario que el área de las canchas presente un declive superior al 1 % hacia las cotas menores del predio, de esta forma es posible evacuar las aguas pluviales y colectar los líquidos lixiviados que se generan durante el proceso.



- La impermeabilidad del suelo es otro factor a considerar, ya que es posible la contaminación de las aguas subterráneas. En suelos que no presenten una impermeabilidad natural adecuada, se deberá proceder a la impermeabilización de los mismos, así como también se impermeabilizarán los drenajes.

g. Preparación de las Canchas

Una vez seleccionada el área de acuerdo a los criterios mencionados, se procederá a retirar de la misma, malezas, arbustos u otros elementos que interfieran con la operación del sistema. Posteriormente, se realizará la compactación y nivelación del terreno. Es conveniente que el área esté rodeada por una canaleta perimetral, donde desembocarán las canaletas inter-parvas, necesarias para la evacuación y posterior colecta de los líquidos lixiviados. El diseño del sistema de drenajes, admite diversas alternativas y dependerá de las características topográficas del predio y dimensiones del área de compostaje.

h. Dimensión de la Cancha

La dimensión de la Cancha estará determinada por la Unidad de Compostaje (Uc) y el Tiempo de Compostaje (Tc). Volvamos al ejemplo anterior del "Tambo" y asumamos un Tc = 90 días. La conformación de las parvas la realizamos en forma mensual, es decir mensualmente ocupamos un área de base de parva de $7,2 \text{ m}^2$ en 90 días, el área necesaria para la instalación de las tres parvas es de $7,2 \text{ m}^2 \times 3 = 21,6 \text{ M}^2$.

Debemos considerar además el espacio necesario entre parvas a los que llamaremos pasillos. Este espacio es necesario para manejar los camellones. Las dimensiones del mismo estarán sujetas a la forma en que se realicen las operaciones de remoción y aireación. Si la operativa es manual, el ancho del pasillo puede situarse en el entorno de 2 a 2,5 m.

Si la operación es mecanizada (pala cargadora, tractor con pala), los pasillos tendrán el ancho suficiente para que la máquina pueda empalar perpendicularmente los camellones. Asumamos que para el ejemplo que estamos manejando, la operación se realice con un tractor con pala. El ancho del pasillo no será menor a los 4 m. El número de pasillos se calcula como el ($\text{Nº de parvas} - 1$), + (el área correspondiente a la mitad del área de base de una parva). Esta última área es la que permite maniobrar con amplitud.

Si la longitud de las parvas es de 2,4 m. El área necesaria para pasillos será de: $2,4 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 28,8 \text{ m}^2$. El área correspondiente a la mitad de área de una parva es: $1,5 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} = 3,9 \text{ M}^2$. El área final de compostaje será entonces de: $21,6 \text{ m}^2 + 28,8 \text{ m}^2 + 3,9 \text{ M}^2 = 54 \text{ m}^2$.



8. MANEJO DEL SISTEMA

Una de las reglas fundamentales a tener en cuenta para un sistema como el propuesto es mantener la independencia física de la Unidad de Compostaje (Uc). Nunca, debemos adicionar material nuevo a una Parva que ya ha sido conformada. Sólo cuando tenemos el material equivalente a la Uc, debemos instalar el Camellón.

Es muy importante llevar de cada Unidad de Compostaje, registros de los datos más relevantes. Fecha de conformación, relación C/N de entrada, temperatura del material antes de su ingreso al sistema, temperatura ambiente y todo dato que se considere que puede ser de valor para sistematizar el proceso. Los registros pluviométricos son de gran importancia. Aconsejamos instalar cercano a la Cancha un pluviómetro y llevar los registros correspondientes.

Delimite con marcas visibles, todas las dimensiones necesarias en la Cancha que le puedan servir como referencia para la movilización y reconformación de los Camellones. Si bien, las dimensiones dadas en el ejemplo y esquema son geométricas, procure ajustarse lo máximo posible a las mismas. En la práctica, el material tenderá a explayarse, perdiendo las dimensiones iniciales. Esto es totalmente normal. Cuando reconfigure los camellones conserve en lo posible las dimensiones de diseño originales.

a. Aireación y Homogeneización de la masa en Compostaje

Este procedimiento, como ya hemos mencionado con anterioridad tiene dos objetivos: favorecer los metabolismos aerobios y procurar que el proceso se cumpla homogéneamente en toda la masa en compostaje. Esta operación se puede hacer tanto manualmente como mecánicamente. Siempre debe procurarse en los movimientos de las parvas, que el material perteneciente al núcleo de compostaje pase a formar parte de la corteza y éste del núcleo. En el esquema anterior, se muestra la forma de movilizar los camellones.

b. Cuando airear y cuando regar

No existen frecuencias pre establecidas de aireación y riego que resulten aplicables para todos los casos posibles. Las aireaciones excesivas, son tan perjudiciales como los riegos en exceso. Uno de los parámetros, que nos resultará de fácil determinación es la temperatura y es a partir de la misma que podremos en gran parte, ejercer un control sobre el proceso.



Momento del riego oportuno



c. Control de la Temperatura

La temperatura debe ser tomada en el núcleo del camellón. Existen termómetros especialmente diseñados para este fin. Si no se cuenta con un termómetro de este tipo, pueden utilizarse termómetros para uso textil (teñidos), o bien termómetros para parafina, utilizados en laboratorios de histología. También existen instrumentos digitales. Considerando la longitud del camellón (24 m.) se recomienda tomar la temperatura en dos puntos equidistantes y tomar el valor promedio aritmético entre los dos puntos.

Como regla general y para conservar el instrumento que utilice, practique primero con una varilla metálica de mayor diámetro que el termómetro una perforación, y luego introduzca el instrumento. Marque el lugar donde practicó la perforación, para utilizarlo en una nueva oportunidad. Es conveniente, realizar más de una lectura por metro lineal de camellón y promediar los resultados.

d. Control de Humedad

Para el control del contenido de humedad, puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

- Tome con la mano una muestra de material.
- Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.
- Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de un 40% de humedad.
- Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido en humedad es cercano al 40%.
- Sin el material no gotea y cuando abrimos el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %.
- Finalmente si abrimos el puño y el material se disagrega, asumimos que el material contienen una humedad inferior al 20 %.

e. Control de aireación y riego por temperatura

Se recomienda realizar las aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, luego de haber alcanzado su valor máximo en etapa termogénica. Inmediatamente a la remoción del material la temperatura experimenta un descenso, y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogénica. Puede ser posible que sólo se cumpla una sola etapa termogénica o más de dos. Esto dependerá de múltiples factores. Si el material ha sido preparado y los camellones se han homogeneizado adecuadamente en el proceso de aireación, es frecuente que solo se presenten no más de dos etapas termogénicas. Si hay necesidad de riego es conveniente hacerlo en las etapas mesotérmicas. El riego debe ser lo más atomizado posible, para no producir cambios bruscos en la temperatura.

Este procedimiento de aireación y riego por control de temperatura, es una alternativa que tiene sus fundamentos en los grupos fisiológicos que intervienen, en los tipos de metabolismos y en los productos de estos metabolismos. En otras literaturas, recomiendan realizar una aireación o “volteo” una vez por semana durante las primeras cuatro semanas.



Volteo de la pila de compostaje

9. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA

Al momento de instalar la compostera debe elegirse un lugar sombreado, en caso contrario la pila o ruana deberá cubrirse con paja o rastrojo con la finalidad de no perder la humedad, de este modo facilitar el proceso de descomposición.

Para obtener un compost óptimo, es necesario garantizar una buena descomposición de los materiales o desechos orgánicos, esto permitirá matar las semillas de las malas hierbas, agentes patógenos, esporas de hongos y bacterias que causan enfermedades a las plantas cultivadas.

Cuando se utiliza estiércol de vacuno, existen riesgos de problemas por sales, en estos casos se recomienda utilizar una cantidad reducida de estiércol y paja. Este compost es muy apreciado en los viveros, para realizar diversos tipos de mezclas con arena y tierra de chacra que sirven para realizar almácigos de hortalizas, flores, arbustos y árboles.

El compost a utilizar debe ser homogéneo y no debe notarse el material de origen que ha sido utilizado al inicio de la preparación, además debe tener un olor parecido a la tierra de los bosques y la temperatura en el montón no debe ser diferente a la temperatura del ambiente.

Cuando se usa el compost fresco los microorganismos del suelo explotan los nutrientes muy rápido y las raíces de las plantas pueden asimilarlas inmediatamente, de esta manera sólo se favorece a la planta pero no se contribuye a mejorar la estructura del suelo. En cambio, cuando el compost es más viejo, los nutrientes, especialmente el nitrógeno, están fijados en la fracción húmica y los microorganismos del suelo tienen que explotarla lentamente y durante un tiempo más largo. Este compost es bueno para cultivos de largo periodo vegetativo y mejora la estructura del suelo.

10. APLICACIÓN DEL COMPOST

La etapa final del compostaje es la utilización del producto acabado. Se conoce que se ha acabado el compost cuando es de color oscuro, desmenuzable pero no pulverizado y los olores terrosos. Estas son indicaciones que el compost ha estabilizado, o madurado, y que se ha convertido el material orgánico original en humus.



El compost, como todo abono orgánico, se usa principalmente en primavera y otoño. Se extiende sobre la superficie del terreno, regando abundantemente para que la flora bacteriana se incorpore al suelo. Los insectos y las enfermedades no parecen hacer tanto daño donde el suelo se enriquece con compost. Y hay otra ventaja: el compost oscuro atrapa el calor del sol para calentar el suelo del jardín, haciendo nuestra estación de crecimiento algunos días más larga.

Puede ser cavado hasta 15 centímetros de profundidad en el suelo. Mezclando la materia orgánica con la tierra se provee el alimento en el momento de plantar. Para macetas utilice un tercio compost, un tercio de tierra de jardín y un tercio vermiculita o perlita. En muchas aplicaciones es deseable pasar el compost a través de un tamiz de dos centímetros de luz antes de usarlo. El material que no cae a través de la malla se puede lanzar nuevamente dentro del compartimiento para acabar de descomponerlo o utilizarlo como pajote.

Se aplica al voleo, en el trigo, cebada, pasto, en la preparación de camas de hortalizas y en forma localizada en el cultivo de papa, maíz y frutales. Por lo menos debemos abonar el suelo con compost una vez por año, pero si tenemos cantidades pequeñas conviene aplicarlas varias veces al año. Es recomendable que la cantidad aplicada no sea menor de 6 toneladas por hectárea (más o menos 3 palas por metro cuadrado). Las cantidades también dependen de los cultivos que tenemos. Resulta conveniente incorporar el compost al momento de preparar el suelo, pero hay que evitar enterrarlo a más de 15 cm. También podemos echar la mitad del compost en el momento de la preparación del suelo y la otra mitad aplicar en los huecos donde se planta o en las líneas donde de siembra.

Coloque compost en el suelo alrededor de las flores, arbustos, y árboles. Con árboles más grandes, el compost se puede colocar encima del suelo, desde 20 cm del tronco del árbol hasta más allá de la línea del goteo. Mejora la estructura de los suelos de la arena y de la arcilla, protegiéndolos contra sequía y la erosión. Si se aplica en el momento de la plantación favorece el desarrollo radicular, por otra parte, al hacer más esponjosa la tierra disminuye la frecuencia de riego.

Se puede utilizar compost en prácticamente todos los usos de la turba. Esparza 5 cm sobre el terreno y cávelo a 15 - 20 cm de profundidad. Úselo para trasplantes. Excave el hoyo para el trasplante y mezcle compost con el suelo. El compost lo esponjará para las raíces de la joven planta y también la proveerá de micro nutrientes. El propósito de la horticultura intensiva es cosechar el máximo producto posible de un espacio determinado. La llave de su éxito es el suelo fértil, rico en materia orgánica. El compost retiene alimentos en el suelo que serían lixiviados por el agua de lluvia o riego. Provee alimento para gusanos de tierra y microorganismos beneficiosos y facilita la penetración profunda de la raíz, permitiendo un menor cuadro de plantación.

Para mejorar la salud del césped, esparza cada primavera 2 cm de compost sobre él y rastríllelo. Incorporar compost en el suelo es una manera óptima para establecer o renovar un césped. Esparza 5 cm de compost en el suelo antes de colocar o sembrar césped. Tratar céspedes con compost sirve como alimentación muy eficaz cuando la tierra se ha secado en la primavera.

Agregue compost al suelo alrededor de los arbustos y árboles. Poner en otoño 5 cm de compost alrededor de las plantas mejora la retención de humedad, ventilación y fertilidad del suelo, y las protege contra las heladas. Para realizar trasplantes cave un agujero dos veces la talla de la bola de la raíz, mezcle el compost con una parte igual de tierra vegetal y compacte alrededor de la raíz, apisonamiento la mezcla para eliminar los huecos. Riegue abundante y suavemente.



Un substrato es un medio que sirve de soporte físico a la planta y además le proporciona nutrientes y agua para su desarrollo. El compost se puede aplicar como substrato o enmienda para mejorar las cualidades de la tierra de las macetas o jardín. Para hacerse un buen substrato tamice compost mediante un cedazo para eliminar partículas grandes. Mezcle dos partes de compost, una de tierra de cultivo y una de arena. Agregue 20 gramos de abono compuesto 15-15-15 por cada 10 litros de mezcla.

El compost puede almacenarse por mucho tiempo sin que se alteren sus propiedades, pero es necesario que mantenga siempre cierta humedad, la óptima es de 40%. La cantidad que debe aplicarse varía según el tipo de planta y su tamaño. Con el compost se puede fabricar abono líquido (llamado por los anglosajones té de compost). El té de compost es fácil de hacer. Ate un litro de compost en un paño y sumérjalo toda la noche en un cubo lleno de agua. El "té de compost" proveerá una bebida rica en alimento para sus plantas.

Cultivo	Inicio	Mantenimiento
Semilleros	20 al 100 %	
Floricultura	800 g/m ²	500 g/m ²
Frutales	6 Kg/árbol	3 Kg/árbol
Arboles	3 – 6 Kg	2 – 3 Kg
Rosales y leñosas	2 Kg	1 Kg/m ²
Césped	5 Kg/m ²	2 Kg/m ²

1.1. PROCESOS FINALES DEL COMPOSTAJE

a. El proceso de refinación

No todo el material que entra al sistema de compostaje se biodegrada con la misma velocidad. Muchos materiales, como ya hemos mencionado, requieren por su estructura física y composición química mayores tiempos para perder su morfología inicial. Por esta razón, es muy frecuente que conjuntamente con el compost, se presenten restos de materiales en distintas etapas de biodegradación o bien el residuo original contenga aún componentes inorgánicos. Este caso se da cuando la materia prima es la fracción orgánica recuperada de los Residuos Sólidos Domiciliarios.

Para lograr un compost apto para su aplicación agronómica, sea en forma manual o mecánica, el mismo debe presentar una granulometría adecuada y homogénea y estar libre de elementos orgánicos o inorgánicos que dificulten su aplicación. Hay muchas alternativas técnicas para el refinado del compost: separación balística, centrífuga, o cribado (granulométrica). La experiencia indica que la separación granulométrica por cribado es sin duda la menos costosa de instrumentar, y la que ha dado mejores resultados. Las cribas o zarandas, pueden ser vibratorias o de rotación. En particular las rotatorias, presentan un mejor rendimiento cuando se trata de procesar volúmenes importantes. El tamaño de malla de la criba dependerá de la granulometría que se desea obtener, no obstante para utilización agrícola se recomiendan mallas de 1 cm x 1 cm. Para que este proceso, se realice sin inconvenientes es fundamental que el compost presente un contenido en humedad inferior al 20%. Los procesos de refine se realizan por razones obvias bajo techo.



Pila de compost maduro lista para ser utilizada

Una vez culminado el proceso de compostaje, el material es trasladado al área de procesamiento y es convenientemente extendido en capas no superiores a los 30 cm., para favorecer la pérdida de humedad. Cuando el compost presenta el contenido de humedad mencionado, estará pronto para su refine. De este proceso se produce un rechazo, que dependiendo de la materia prima utilizada y de la granulometría que se desea obtener, se puede presentar en el orden del 5 al 20 %. Para residuos de origen agrícola y agroindustrial, y para la granulometría indicada se debe estimar a los efectos de los cálculos un rechazo promedio del orden del 6 %. Para Compost producido a partir de la fracción orgánica recuperada de Residuos Sólidos Urbanos de recolección en masa, el rechazo se sitúa cercano al 20 %. Si el rechazo es exclusivamente de desechos orgánicos, el mismo se ingresará nuevamente al sistema de compostaje.

b. Rendimientos

En términos generales, durante el proceso de compostaje se produce una perdida del orden del 6 a 10 % del volumen inicial de residuos, debido a los procesos bioquímicos y a la manipulación del material. A esta merma, se le debe adicionar la producida por los procesos de refinación.

c. Acopio y empaque

Finalizado el proceso de compostaje y la refinación del mismo, es conveniente acopiar bajo techo. Si no se dispone de la infraestructura necesaria, una alternativa es cubrir los acopios con materiales impermeables (por ejemplo, film de polietileno). El Compost expuesto a la intemperie, pierde rápidamente valores de sus nutrientes esenciales, por lavado y lixiviación. En referencia al empacado, son muchas las alternativas hoy disponibles que aseguran el mantenimiento de la calidad del producto. Se debe evitar, el empleo para el empacado de cualquier tipo de bolsa o recipiente que haya contenido agrotóxicos o cualquier otra sustancia química.



d. Aspectos sanitarios

Si el compost ha sido debidamente procesado, el material final no ofrece mayores riesgos, salvo aquellos que puedan ser originados por elementos inertes corto-punzantes que puedan haber venido con la materia prima inicial, por lo que es recomendable la utilización de guantes anticorte, si manipula directamente el material. Las mayores precauciones deben tomarse con el material fresco, en las manipulaciones Precompostaje, más aún si se trata de excretas y/o estiércoles.

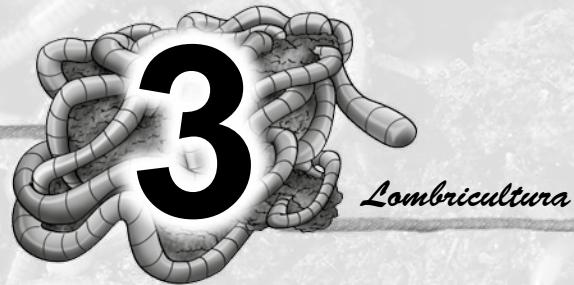
Se recomienda la utilización de guantes de goma, sobre los anticorte. Si el material toma contacto con los ojos, lave abundantemente con agua. Finalmente, no es conveniente, subir sobre las cúspides de los camellones activos para tomar temperaturas, o realizar otro tipo de registro. Recuerde que durante el proceso se producen emanaciones importantes de gases, que por un efecto chimenea tienden a escapar por el lomo del camellón o parva. Algunos de estos gases en momentos puntuales del proceso se producen en concentraciones que pueden llegar a ser letales, en ambientes cerrados.

e. Aspectos ambientales

Como hemos mencionado con anterioridad, durante el proceso de compostaje se producen líquidos lixiviados que deben ser recolectados para su tratamiento. En emprendimientos donde se composten volúmenes significativos, debe preverse el diseño y construcción de una Planta de Tratamiento. No acopie residuos frescos, más allá de los que pueda ingresar de forma inmediata al sistema. Finalmente consulte a un experto acerca de la normativa y requisitos ambientales para este tipo de proyectos.



Capítulo



LA LOMBRICULTURA

Se entiende por Lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y a la transformación por medio de éstas, de sub-productos orgánicos, sobre todo de estiércoles de animales, en precioso material fertilizante. Esto se verá a continuación.



1. GENERALIDADES

La lombricultura consiste en la crianza técnica de las lombrices de tierra y en nuestro medio se la considera como una actividad agropecuaria, cuyo objetivo inmediato es la producción de humus de lombriz, un abono enteramente orgánico y, la producción de lombrices que constituyen una importante fuente de proteínas.

Por otro lado, la lombricultura tiene un enfoque ecológico por el reciclaje que se realiza de los diversos materiales orgánicos empleados en el proceso (excretas, restos de cultivos, papeles, basura orgánica, etc.). Tiene además un enfoque biotecnológico por los fenómenos microbiológicos y bioquímicos que ocurren en el proceso de la preparación del alimento para las lombrices a partir de los materiales orgánicos mencionados y por la misma digestión que realiza la lombriz de dichos alimentos, devolviendo o excretando el preciado humus.

La crianza de lombrices tiene como casi todas las tecnologías, una larga historia, que es la misma que se refiere a la relación del hombre con la naturaleza a través del cultivo de la tierra y la domesticación de los animales; en ambos casos, para su utilidad, pero también para el beneficio del medio ambiente.

El principio general de la alimentación de las lombrices consiste en proveerlas de desechos orgánicos en descomposición, es decir, de materiales biodegradables, por lo que la lombricultura cobra una enorme importancia ecológica. Los desechos orgánicos provenientes de la actividad agropecuaria y las basuras orgánicas, desde las domésticas hasta las industriales, son la materia prima para la lombricultura, por tratarse de materiales orgánicos susceptibles de ser procesados por las lombrices y obtener como resultado el humus como abono, así como la descontaminación del medio ambiente como un beneficio adicional.

La especie difundida en el Perú es la *Eisenia foetida*, una de las lombrices más especializadas en el ataque de sustancias orgánicas, haciendo honor a la fama de "barrenderas" o "basureras" del mundo que tienen las lombrices de tierra en general. La carne y harina derivadas de la lombriz, productos de muy elevado contenido proteíco, se usan no sólo en la alimentación animal sino también en la humana, y su obtención entre nosotros dependerá del crecimiento y desarrollo que la lombricultura vaya alcanzando en el país.

La excreta o estiércol de lombriz, denominado humus debido a que es el compuesto que más se asemeja al humus natural; es ante todo mejorados o reacondicionador de suelos agrícolas, al incorporar a ellos materia orgánica transformada y altos índices de microorganismos benéficos. El humus es la base de la fertilidad en el suelo porque influye positivamente en sus características físicas, químicas y biológicas; y la fertilidad del suelo es la base para una agricultura sostenida a largo plazo con cultivos intensivos. El humus hace posible también la ampliación de la frontera agrícola, habilitando suelos arenosos del desierto costero, permitiendo la recuperación de bosques y florestas naturales y creando áreas verdes en los alrededores de los conglomerados urbanos.

Actualmente el humus de lombriz se usa también como parte de la dieta de muchos animales, sobre todo de peces y crustáceos e incluso, existen algunos ensayos para incorporarlo en la ración alimenticia de las diferentes especies de ganado.



Ventajas del humus de lombriz:

- Mejora la estructura de los suelos; aligera o afloja los arcillosos y junta o agrega los arenosos, favoreciendo la aireación, humedad y penetración de las raíces.
- Aumenta la capacidad de retención de agua en los suelos, impidiendo la pérdida de nutrientes por lavado o filtración y solubilizando al P.
- Permite una mejor absorción y utilización de los fertilizantes químicos, obteniéndose con dicha asociación, mejores y más abundantes cosechas, además de permitir un considerable ahorro de aquellos.
- Aumenta la actividad vital del suelo y la energía para el desarrollo de las plantas.
- Regula el pH de los suelos, normalizándolos si están muy ácidos o muy alcalinos.
- Por tener pH neutro, el humus no quema las semillas ni las raíces, por lo que es sumamente confiable para ser usado con plantas delicadas.
- Evita o disminuye el shock que sufren las plantas en el transplante.
- No contamina los suelos, los cultivos, ni las aguas del campo, preservando el medio ambiente y la salud de plantas, animales y del hombre.
- El "Humus de lombriz" es mucho más que un simple fertilizante, pues descontamina el medio ambiente.

2. BIOLOGÍA DE LA LOMBRIZ DE TIERRA

2.1 Taxonomía

La lombriz de tierra es un animal que pertenece al phylum o filo de los Anélidos o “gusanos segmentados”, nombre debido a que su cuerpo está formado por una serie de segmentos visibles externamente y que internamente se reflejan en igual número de porciones o segmentos.

La mayor parte de los anélidos son marinos (clase Poliquetos), otros viven en el agua dulce (clase de los Hirudíneos o Sanguijuelas) y otros como los de la clase Oligoquetos, viven en el agua dulce o en la tierra. De los Oligoquetos terrestres (orden Terrícolas), interesa para la lombricultura la familia Lombricídos (Lumbricidae), cuyo principal representante es la “lombriz de tierra común” (*Lumbricus terrestris*), especie que por sus hábitos silvestres es difícil criarla en cautiverio, por lo que para la lombricultura se usan más bien las llamadas lombrices “domésticas” o “domesticadas”, siendo las más difundidas en el mundo las siguientes:

- *Eisenia foetida*
- *Lumbricus rubellus*

Además, en los últimos tiempos se ha propagado la “lombriz roja californiana” (Red Hybrid), obtenida por los científicos realizando cruces genéticos con diversas lombrices.



2.2 Anatomía y fisiología de la lombriz de tierra común

a. Morfología Externa

Mide de 10 a 20 cm de largo, su cuerpo es cilíndrico y presenta de 120 a 175 segmentos. En las lombrices sexualmente maduras los segmentos 31 ó 32 al 37 son más grandes debido al engrosamiento de la epidermis que posee abundantes células secretoras de mucus o moco, cuya función principal es formar un, mango o cinturón pegajoso que ayuda a mantener unidos a los individuos durante la cópula. Dicha secreción servirá posteriormente para aglutinar a los huevos fecundados, constituyendo la cápsula reproductiva o "cocón".

Todo el cuerpo está protegido por una cutícula que recubre una epidermis con numerosas células mucosas que mantienen húmeda a la superficie del cuerpo. En, cada segmento se observan 4 pares de cerdas pequeñas, las cuales desempeñan un papel importante en la locomoción.

b. Aparato digestivo

Es tubular, provisto de una boca que se abre en la parte ventral del primer segmento o prostoma, y termina en el extremo posterior con el ano. La boca carece de dientes y se continúa con la faringe que posee una potente musculatura, que permite la dilatación de este órgano para la succión de las partículas de alimento húmedo. La faringe secreta un líquido mucoso para humedecer alimentos secos y posee además las glándulas calcíferas o de Morren, encargadas de regular el equilibrio ácido-base.

La faringe se continúa con el esófago, cuya porción posterior se ensancha para formar el buche, que sirve para almacenar, humedecer y ablandar el alimento que luego pasa a la molleja, órgano encargado de triturar dichas sustancias. El intestino es largo, recto y allí se realiza la digestión mediante enzimas, con la participación de los microorganismos presentes, degradándose el alimento que queda convertido prácticamente en humus en pocas horas. Del alimento ingerido diariamente, el 60% aproximadamente es convertido en "humus o excremento de lombriz" y el 40% restante es asimilado y utilizado como fuente de energía para sus propias funciones vitales. Rodean al intestino una capa de células cloragógenas, las que en forma similar al hígado de los vertebrados, contribuyen al metabolismo de los alimentos.

c. Aparato circulatorio

La sangre de la lombriz de tierra presenta células amiboides incoloras en el plasma, que contiene pigmento hemoglobina que le da el color rojo a la sangre y sirve para transportar el oxígeno. Posee un vaso dorsal contráctil en toda su longitud, así como vasos colaterales que se expanden a nivel del esófago y por su contractibilidad se les llama "corazones", de los cuales hay cinco pares y son los impulsores de la sangre a todo el sistema circulatorio. El intercambio gaseo tiene lugar a través de la superficie del cuerpo.

d. Sistema excretor

Las sustancias de desecho (úrea, ácido úrico, etc.) son extraídas de la cavidad corporal principalmente por órganos especializados llamados nefridios y arrojadas al exterior a través de los poros urinarios. Contribuyen también con la excreción las células cloragógenas.



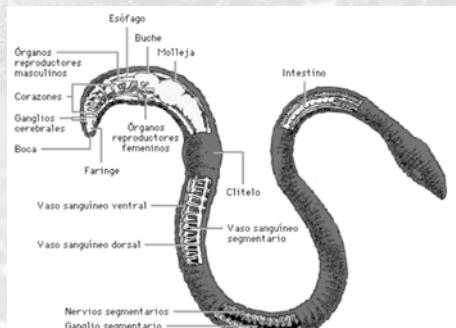
Si la lombriz tiene abundante agua en su medio ambiente, excreta amoníaco; pero si hay poca humedad, excreta abundante úrea en su orina. Se sabe también que si la lombriz está bien alimentada, excretan grandes cantidades de amoníaco; mientras que cuando carece de suficiente alimento, excreta úrea.

e. Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso está formado por un ganglio supraesofágico de dos lóbulos, conocido como "cerebro", en el segmento 3; nervios pequeños que se dirigen anteriormente hacia el prostoma; un par de nervios conectivos alrededor del esófago; ganglios sub-faríngeos en el segmento 4; un cordón nervioso ventral a lo largo de todo el celoma; ganglios ensanchados, uno en cada segmento y conectados al cordón ventral.

Exteriormente no se distingue ningún órgano de los sentidos; sin embargo, en la superficie (epidermis) existen células sensoriales relacionadas con la cadena nerviosa ventral. Las cerdas o sedas (4 pares por segmento) son importantes órganos táctiles.

En la epidermis se encuentran células fotosensibles, mayormente cerca al prostoma y les permite distinguir la luz de la oscuridad. También poseen células higroreceptoras que le sirven para diferenciar la humedad de la sequedad del medio. En la cavidad bucal se localiza el órgano del gusto, mostrando por lo tanto preferencia por ciertos alimentos.



Anatomía de la lombriz

f. Locomoción

La lombriz avanza arrastrándose. Para ello fija los segmentos corporales anteriores al terreno, encojo el resto del cuerpo hacia la parte anterior; fija entonces al suelo los segmentos corporales posteriores y liberando los segmentos anteriores, empuja la parte posterior del cuerpo hacia adelante, iniciando el avance. Contribuye grandemente para la locomoción la fluidez del líquido celómico.

g. Reproducción

La lombriz de tierra es un animal hermafrodita y cada individuo posee tantos ovarios como testículos (los dos pares de testículos en los segmentos 10 y 11 y el par de ovarios en el segmento 13). Sin embargo, para reproducirse requieren aparearse necesariamente dos individuos.



Los individuos se unen en la cópula en sentido inverso por medio de sus superficies ventrales, favoreciendo la secreción mucosa del clitelo, dicha unión. Pero entre esta vaina mucosa y las paredes del cuerpo existen unas ranuras que sirven para trasportar los espermatozoides desde las vesículas seminales (lugar donde maduran los espermatozoides) de cada individuo, hasta los receptáculos seminales (lugar de almacenamiento de los espermatozoides) del otro individuo. Luego de este intercambio de material genético masculino, los participantes se separan.

Una vez que los óvulos han madurado, la vaina mucosa se desplaza por contracciones musculares hacia la parte anterior del cuerpo. Cuando pasa por el segmento 14 recibe los óvulos maduros de los conductos (oviductos) y pasa por el segmento 9, recibiendo de los receptáculos seminales los espermatozoides que habían intercambiado anteriormente durante la cópula. La fecundación ocurre dentro de la vaina mucosa que finalmente llega al extremo anterior de la lombriz, se cierra formando la cápsula o cocón que cae al suelo conteniendo varios huevos o zigotes y a los pocos días se rompe para dar salida a las lombricillas.



Huevo de lombriz

h. Regeneración

La lombriz de tierra posee poder regenerativo de segmentos perdidos, pero sólo si la lesión o destrucción afecta la última porción del intestino. En cambio, si la lesión compromete a partes del cuerpo de la región anterior, la lombriz sucumbirá.



Lombriz roja californiana



3. REQUISITOS GENERALES PARA ESTABLECER UN PLANTEL DE LOMBRICULTURA

Para establecer un plantel destinado a la crianza de lombrices, existen varios requisitos o condiciones, siendo las principales las siguientes: Terreno y clima apropiado, disponibilidad de insumos, lombrices seleccionadas, equipos y herramientas adecuadas.

3.1 Condiciones climáticas

Para una buena lombricultura, la altitud donde se ubique el plantel no debe exceder de los 3,200 m.s.n.m., y las precipitaciones pluviales no deben ser mayores de 3,500 mm anuales. Las temperaturas ambientales más adecuadas para el desarrollo de las lombrices son las de climas templados. Dependiendo de las especies, las temperaturas óptimas varían entre 15 y 25 °C; siendo la temperatura corporal promedio de las lombrices, de 19 °C.

3.2 Terreno

La mejor forma de iniciarse con un criadero de lombrices es planificando su desarrollo, para lo cual el terreno juega un papel muy importante, debiendo tener diversas áreas de acuerdo a la cantidad de lechos que se pretende desarrollar.

Por otro lado, su superficie debe ser plana, no tener una pendiente de más de 20° y no expuesto a inundaciones, es decir, con posibilidades de drenaje, además, debe tener una buena disponibilidad de agua de calidad tal que no contenga sustancias nocivas para las lombrices.

La salinidad no debe ser alta, no debiendo sobrepasar la conductividad eléctrica de 3 ó 4 mmhos/cm. Si el terreno fuera salino, primeramente debe tratarse mediante drenajes u otros métodos especiales. Si el terreno donde se ubicarán los lechos fuera excesivamente húmedo, se recomienda colocar previamente una capa de carbonato de calcio o de conchas trituradas, a fin de evitar la permeabilidad de ácidos nocivos que se desprenden del suelo.



Nota

La ubicación del terreno debe ser tal, que permita el fácil acceso a los vehículos que transportarán las materias primas y los productos.



3.3 Insumos

Entendiendo por insumos las diversas materias orgánicas que intervienen en la preparación del alimento de las lombrices, se recomienda tener suficiente disponibilidad de estiércol o guano de animales (rumiantes, equinos, porcinos, cuyes, conejos e incluso de aves); así también, rastrojos de cultivos, hojas secas y cualquier otro desecho biodegradable. Además, el agua es sumamente importante en la preparación del compost, sin la cual las reacciones químicas fermentativas necesarias para dicho proceso, no ocurrirían.

Se recomienda también, que los insumos sean cuanto más frescos mejor. Los guanos viejos o que han estado mucho tiempo expuestos a la intemperie, resultan poco nutritivos para las lombrices, a no ser que se les añada guano fresco para reactivarlo y mejorar en algo sus condiciones.

3.3.1 Manejo del estiércol o sustrato:

El manejo de estiércol o sustrato es el elemento de mayor importancia dentro del cultivo de lombrices, puesto que si nosotros entregamos estabilizado o maduro el estiércol a las lombrices, estaremos asegurando que nuestro pie de cría se reproduzca aceleradamente y en poco tiempo lo habremos multiplicado para aumentar nuestra área.



Manejo del estiércol

En el manejo del estiércol o sustrato tenemos que tener en cuenta 3 factores muy importantes:

- Humedad
- Temperatura
- pH (Acidez, alcalinidad)



a. Humedad

La humedad es un factor de mucha importancia que influye en la reproducción y fecundidad de las cápsulas o cocones, una humedad superior al 85 % es muy dañina para las lombrices, haciendo que éstas entren en un período de dormición en donde se afecta la producción de lombríhumus y la reproducción de biomasa.



La humedad en el sustrato se conoce como prueba de puño

Las condiciones más favorables para que la lombriz produzca y se reproduzca se presentan a una humedad del 80 %, es aceptable hasta 70 %, debajo de 70 % de humedad es una condición desfavorable, por otro lado niveles de humedad de 55 % son mortales para las lombrices. La prueba para medir el porcentaje de humedad en el sustrato se conoce como prueba de puño, la cual consiste en agarrar una cantidad del sustrato que alcanza con el puño de una mano, posteriormente se le aplica fuerza, lo normal de un brazo y si salen de 8 a 10 gotas es que la humedad está en un 80 % aproximadamente.

b. Temperatura

La temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción (lombríhumus) y fecundidad de las cápsulas. Una temperatura entre 20 a 25 grados centígrados es considerada óptima, que conlleva al máximo rendimiento de las lombrices.

Cuando la temperatura desciende de los 20 grados centígrados hasta 15 grados centígrados las lombrices entran en un período de latencia, dejando de reproducirse, crecer y producir lombríhumus, además que alarga el ciclo evolutivo, puesto que los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorable, sucediendo lo mismo con la lombriz joven, pasa más tiempo en este período, puesto que ahí soporta más tiempo las adversidades del tiempo.



c. pH

El pH mide lo alcalino o ácido del sustrato. El pH es un factor que depende de la humedad y temperatura, si estos dos últimos factores son manejados adecuadamente, podremos controlar el pH siempre y cuando el sustrato contenga pH alcalinos. La lombriz acepta sustratos con pH de 5 a 8.4 disminuidos o pasados en esta escala la lombriz entra en una etapa de dormición. Con pH ácido en el sustrato se desarrolla una plaga conocida en el mundo de la Lombricultura como planaria.

Para la preparación del sustrato debe hacerse mediante fermentación aeróbica. Esta fermentación es el resultado de la actividad de una serie de microorganismos de diferentes grupos. El tiempo que dure la fermentación depende de los factores antes mencionados (pH, humedad, temperatura y tipo de sustrato).

Para comenzar a fermentar aeróbicamente es necesario que el sustrato esté fresco, se comienza dándole vuelta 1 ó 2 veces al día y regándole agua (80 % de humedad) para evitar que el sustrato se caliente y propiciar que se multipliquen bacterias aeróbicas que comienzan a degradar el sustrato. Además el volteo facilita que escapen gases que hacen que el sustrato se encuentre alcalino, este trabajo se hace hasta que el sustrato esté maduro.

El objetivo es que el alimento se estabilice en un pH de 7.5 a 8, humedad 80 % y temperatura 20 a 25 grados centígrados.

En el estiércol bovino el tiempo que se le da el volteo y humedad es de 10 a 15 días para estabilizarlo, es el sustrato que más rápido se estabiliza. El estiércol de conejo es de 20 a 25 días, y la pulpa de café de 15 a 25 días. Las lombrices pueden también alimentarse de papel no importando la tinta que éste contenga, se puede mezclar con el estiércol 10 días antes que éste esté estabilizado.

Todos estos materiales toman una coloración café oscuro, no presentan mal olor y al tacto son semi-pastosos, esto está indicando que el pH, humedad y temperatura están óptimos. Estos factores se pueden medir al ojo de la experiencia.

Los materiales que la lombriz no puede digerir son:

- Metales
- Plástico
- Goma
- Vidrio



3.4 Lombrices

Resulta impráctico y casi imposible criar a las lombrices de tierras comunes o “nativas” en forma comercial, es decir, en lechos, ya que tienen la tendencia natural a escapar, puesto que su costumbre es desplazarse en el terreno hasta profundidades a veces mayores de los 3 m. Además, se aletargan en los meses fríos paralizando su actividad; no es muy prolífica y su longevidad es hasta 4 veces menor que las “lombrices domésticas” o “seleccionadas”; aparte que su capacidad de supervivencia en el agua o en un medio muy húmedo (ej. Exceso accidental de riego) es de apenas unos minutos.



Nota

Las lombrices domésticas pueden vivir hasta 15 años o a veces más; pueden producir bajo ciertas condiciones, hasta 1500 lombrices al año; y es reconocida su eficiencia como productoras de humus.

La especie más utilizada es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), lombriz que consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica.

Aunque un mismo individuo tiene ambos sexos se reproduce por fertilización cruzada, donde ambos ponen un capullo, llamado cocón, cada 10 - 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3 - 4 meses, cuando pasan a ser adultas.

Las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo son una temperatura de 19 a 20 °C, con una humedad del 80%, un pH de desarrollo entre 6.5 y 7.5 y con baja luminosidad, ya que teme a la luz, pues los rayos ultravioleta las matan. En estas condiciones una lombriz produce unas 1.500 lombrices por año que producen el 60% de la ingesta en forma de humus. La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción.

La lombriz de tierra es un animal omnívoro, es decir que come de todo: animales, vegetales y minerales. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus.

Desde tiempos inmemorables, la lombriz es conocida como el animal ecológico por definición. Transforma los residuos convirtiéndolos en humus de óptima calidad, que retorna al suelo. Además, es muy útil y conocido el empleo que se hace de su carne de alto contenido protéico. Las ciudades tienen planteado el importante problema de la eliminación de los residuos urbanos, tanto lo referente a las basuras domésticas, como los que afectan los fangos y lodos de las grandes depuradoras.



La quema de las basuras ayudó a solucionar en parte el problema, pero surgió el de las cenizas, y el permanente colapso de los rellenos sanitarios en las grandes ciudades. La solución inmediata es seleccionar las basuras, y con las lombrices podremos transformar las basuras, el fango y los lodos en un fertilizante orgánico. Muchos países del mundo, debido a los altos costos de los tratamientos de desechos, siguen investigando las técnicas de explotación de la lombriz de tierra. Hoy se tiene una técnica perfectamente desarrollada cuyo fruto se puede apreciar en muchas partes del mundo.

Características principales de la “*Eisenia foetida*”.

- Es de color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm de largo, de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 gramos.
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 4,5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.500 lombrices al año.
- La lombriz californiana avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en uno mucho más fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales.
- Los excrementos de la lombriz contienen:

5 veces mas nitrógeno
7 veces mas fósforo
5 veces mas potasio
2 veces mas calcio

que el material orgánico que ingirieron.

Ventajas de la “*Eisenia foetida*”.

- Fácil adaptación a todo clima, y altitud.
- Longevidad: En cautiverio vive unos 15 años.
- Capacidad de vivir en altas densidades: de 30 a 40,000 lombrices por m², sin que se alteren sus efectos conductuales.
- Extraordinariamente prolífica: madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida. Deposita cada 7 a 10 días una cápsula ó cocón que contiene de 2 a 20 embriones que después de 14 a 21 días de incubación eclosiona, originando lombrices en condiciones de moverse y nutrirse de inmediato.
- Come, con mucha voracidad, todo tipo de desechos agropecuarios (estiércoles, rastrojos de cultivos, residuos de hortalizas y frutas, malezas, etc.).
- Produce enormes cantidades de humus, que es la base de la fertilidad del suelo. De todas las de su género, es la que el 40 % de lo que come lo aprovecha y el 60 % lo excreta como humus de lombriz, razón por la cual es considerada como: “una maquinaria de producción de humus”, de esta manera transforma un grave problema como es la basura en el más rico fertilizante orgánico.



3.5 Recomendaciones para la cría de lombrices rojas californianas

Antes que nada debemos preparar el terreno en el cual pondremos las lombrices. Para una persona que no tiene experiencia al respecto, se recomienda juntar hojas de árbol (que no sea un árbol resinoso) que estén bien secas, ponerlas en un recipiente y llenarlo de agua para que las hojas absorban el máximo posible de humedad. Deje las hojas en el agua unas 24 hs. y vuélique todo en algún rincón húmedo en la tierra o en algún recipiente que no acumule el agua, pero que conserve la humedad. Puede agregar algún estiércol de herbívoro (conejo, vaca, caballo). Procure que éste preparado conserve la humedad (80% a 90%), y en unos cuantos días se convierte en alimento utilizable para las lombrices (si utiliza habitualmente estiércoles, conviene dejar transcurrir 45 a 60 días antes de proporcionárselos a las lombrices, así no le dan problemas durante los meses más cálidos).

Las hojas secas se degradan rápidamente y el papel (no impreso) puede ser consumido por las lombrices tal como está, siempre y cuando esté bien húmedo. Estos dos alimentos no requieren de ningún tratamiento especial y antes de que esté listo para ser consumido por las lombrices no producen ningún rechazo por parte de estas.

Otros alimentos recomendables son la hierba mate y el te usados. Recuerden que lo más importante es conservar la humedad pero cuidando de que no se produzcan inundaciones, ya que las lombrices huirán en caso de inundación. También debe controlarse el pH del alimento, este puede oscilar entre 5 y 9 aproximadamente, siendo 7 el ideal. Pero mientras usen hojas y papel no tendrán problemas. Para cualquier otro alimento que desee darle a las lombrices tenga en cuenta que haya superado la etapa de descomposición, ya que las lombrices no pueden vivir en un medio extremadamente ácido o alcalino, o bien demasiado caliente.

El mejor método para comprobar si el alimento es apto consiste en: colocar en un pequeño recipiente el alimento, luego poner sobre el alimento unas cuantas lombrices y exponerlas a la luz del sol. Si las lombrices se entierran rápidamente y no salen del recipiente en unos minutos, el alimento es apto para su consumo. Pero si por el contrario, no se entierran, huyen rápidamente del recipiente, o mueren antes de 48 horas en el medio de prueba, nos encontramos ante un alimento que aun no está listo para ser consumido. Se recomienda hacer esta prueba antes de darles a las lombrices cualquier alimento que sea nuevo para ellas.

La temperatura ideal para la cría de la lombriz californiana es de 21 grados centígrados, pero éstas pueden sobrevivir entre temperaturas desde 0 hasta 42 grados, por lo tanto pueden criarse al aire libre en cualquier hogar o campo de climas templados. Esto puede chequearse con cualquier termómetro hogareño.



Nota

Las lombrices se reproducen más cuando la temperatura de su hogar oscila entre los 14 y los 27 grados centígrados, siendo la óptima de 21 grados.



Bajo circunstancias ideales, la población de lombrices californianas puede llegar a duplicarse mensualmente y una superficie de cultivo puede expandirse hasta 32 veces la inicial. Tenga en cuenta que las lombrices californianas se acoplan regularmente en promedio cada 7 días depositando cada una de ellas una cápsula o cocon que puede albergar hasta un máximo de 9 nuevas lombrices (promedio 2 a 4 lombricitas/cocón). Estas nuevas lombrices alcanzarán su madurez sexual a los dos meses de edad y se reproducirán cada 7 días durante toda su vida (máxima: 4,5 años en condiciones de laboratorio).

3.6 Equipo y herramientas

Las herramientas más usuales que se requieren para las diversas labores en un plantel de lombricultura son: Lampas, rastillos, trinches, escoba metálica, paletas de madera, zarandas o cernidores con malla de 1/4 y de 1/8", carretillas buggy, mangueras para riego de agua, cubeta metálica para contar y estimar la población de lombrices, etc.

Dependiendo de las necesidades particulares, puede requerirse de una motobomba para obtener el agua, de un molino o picador de forrajes o pajas, instalaciones para riego por aspersión, además de botas de jebe y otros utensilios de uso general en labores agrícolas, material de limpieza, etc.

Además serán necesarios ciertos instrumentos especiales tales como un termómetro industrial (de 0 a 100° C) para medir la temperatura de los lechos y del compost; así como papeles reactivos para medir el pH (de 0 a 10). Sin embargo, resulta más recomendable el uso de los modernos y relativamente económicos termómetros y potenciómetros eléctricos digitales portátiles. Dichos instrumentos son más precisos que los papeles reactivos y funcionan casi con la misma exactitud que los sofisticados medidores de pH de laboratorio.



4. INFRAESTRUCTURA DEL PLANTEL

La infraestructura física de un plantel de lombricultura depende principalmente de la magnitud y metas de producción de humus y/o lombrices, lo cual está en razón de los recursos financieros con los que se cuenta, área del terreno, disponibilidad de agua y de residuos orgánicos, principalmente estiércol de animales domésticos y desechos vegetales.

4.1 Distribución del terreno

En términos generales, el 40% del terreno disponible debe ser destinado a las secciones de lechos y el 60% restante será para las playas de acopio de materias primas, playa de secado y envasado de humus, zonas para la preparación de compost, depósitos para herramientas y otros servicios. De esta manera, un plantel con 30 lechos gemelos (60 lechos unitarios de 20m. de largo por un metro de ancho) requiere alrededor de media hectárea de terreno.

4.2 Instalación de los lechos

Se conoce como lecho el habitáculo en el que se coloca el substrato alimenticio (compost) y en el cual se crían las lombrices. Así como es posible el cultivo de vegetales útiles al hombre, usando macetas y otros depósitos en pequeñas explotaciones familiares (biohuertos), también resulta factible la crianza de lombrices de tierra empleando recipientes diversos de alfarería o cajones conocidos como "cajas ecológicas" o "viveros". Dichos ambientes deben tener una altura de 20 a 40 cm, con un largo y ancho variables, por ejemplo de 1 m x 50 cm, espacio que podría albergar suficientemente hasta 40 mil lombrices o más. Es importante que el vivero cuente con agujeros de drenaje en las uniones de las paredes laterales con el fondo del cajón.

Tratándose de explotaciones, mayores (semi-industriales o industriales), se recomienda construir los lechos sobre la superficie del suelo, con cantoneras o paredes laterales hechas de diversos materiales, dependiendo de la región y de los recursos disponibles, pudiendo emplearse cemento armado, ladrillo, bloques o parvadones de concreto, tablones de madera, caña de Guayaquil, carrizo u otros materiales. Las dimensiones que más se adaptan para dichos lechos son de 25 a 30 cm de altura por un metro de ancho y un largo variable de acuerdo al terreno, pudiendo ser entre 10 y 30 m. Entre lecho y lecho individual se debe dejar el espacio libre de un metro, para permitir la circulación del personal y de las carretillas necesarias para las diversas labores de manejo.

Sin embargo, con la finalidad de ahorrar terreno y materiales para las cantoneras e instalaciones de riego, se recomienda disponer los lechos por parejas o "lechos gemelos", separados por un tabique o pared central sobre la que se suele colocar el tubo conductor de agua con los aspersores o nebulizadores para el riego, si es que se opta por emplear este sistema tecnificado, en vez del simple riego con manguera o regaderas.



Construcción de camas de lombriz

Al parecer, uno de los mejores sistemas para la construcción de las paredes de los lechos es el uso de tablones de madera, debidamente “calafateada” con brea para darle mayor durabilidad, y serán instaladas mediante estacas de madera y otros materiales. Tratándose de zonas con pocas lluvias, y con la finalidad de reducir los costos, los lechos pueden consistir en hoyos o excavaciones hechas en el suelo. Inclusive, algunos lombricultores han encontrado práctico y económico prescindir de las paredes laterales o cantoneras, delimitando el lecho únicamente con estacas y colocando el alimento y las lombrices simplemente sobre una gruesa capa de paja, ya que dados los hábitos de estas lombrices seleccionadas para vivir en cautiverio, no se presenta la tendencia a escapar de dicho ambiente.

El sistema de riego tecnificado por aspersión, ofrece la ventaja de proporcionar una distribución uniforme del agua sobre los lechos, así como ahorro de tiempo y mano de obra; pero debe merecer una evaluación previa de las posibilidades para su instalación, teniendo en cuenta entre otras cosas, el tamaño o envergadura del plantel, caudal y presión del agua disponible, así como la calidad de la misma, especialmente en cuanto al contenido de sales solubles y partículas en suspensión que puedan ocluir fácilmente los aspersores.

Tratándose de lechos gemelos, la línea de agua para cada unidad debe irrigar ambos lechos, gracias a la adecuada selección de los microaspersores disponibles en el mercado en diferentes modelos. En el riego por aspersión se debe tener en cuenta que entre el primero y el último aspersor no exista una caída de la presión de agua mayor del 10% ya que de lo contrario se afectará la uniformidad del riego.

En ocasiones, cuando el agua es demasiado turbia y cargada de sales, habrá necesidad de intercalar convenientemente unos filtros para prevenir continuas obstrucciones de los orificios de salida de los microaspersores, según lo recomiende el especialista.



4.3 Área para el acopio de insumos

Para el recibo y almacenamiento de las materias primas, tales como el estiércol o guano de animales, paja seca u otras fuentes de fibra vegetal, se cuidará que el piso esté bien afirmado a fin de que dichos materiales no se mezclen con tierra o arena del suelo, ya que ello alteraría la calidad tanto del compost como del humus por cosechar.

Cuando el plantel requiere de una mayor tecnificación, será preciso contar con una picadora o moledora de forrajes a motor, con el objeto de fraccionar la fibra vegetal y acelerar el proceso fermentativo de preparación del compost. Se debe tener cuidado de que las zonas de acopio de materias primas estén cerca a las áreas destinadas para la preparación del compost y haya además fácil acceso a los vehículos de transporte de dichos materiales.

4.4 Área para la preparación del compost

Al igual que en el caso anterior, el terreno debe ser bien afirmado y con una ligera inclinación para permitir el drenaje de los excedentes líquidos resultantes del riego y lavado del camellón o lote de materiales en compostaje. Esta playa de compostaje no debe estar muy cerca a los lechos, sobre todo si no hay una canalización para eliminar los excedentes del riego mencionados. Se debe considerar también la instalación de un caño de agua cercano para la conexión de la manguera de riego.

Cuando el plantel recién se forma, resulta conveniente preparar los primeros lotes de compost sobre el propio terreno en el cual deberán instalarse los lechos de lombrices. Esto se hace con la finalidad de lavar el terreno, especialmente si es salitroso, y además para inocular al suelo sustancias orgánicas y microorganismos, propiciando su mejor acondicionamiento para la llegada y colonización de las lombrices una vez instalados los lechos.

4.5 Área para el oreo y cernido del humus

Si no se puede disponer de una losa de cemento, el piso debe ser suficientemente afirmado para evitar la contaminación del humus con tierra o arena. Su extensión dependerá del tamaño de la explotación y cantidad de humus a manejar ya que este producto debe ser extendido una vez extraído de los lechos, para permitir la pérdida de humedad hasta un punto tal que facilite su cernido o tamizado.

Según el procedimiento que se emplee para el cernido, ya sea con simples zarandas, mallas, etc. o sistemas motorizados (mallas vibratorias, cilindros de malla rotatorios, etc.), deberá considerarse la ubicación más adecuada de dichos equipos y el acceso a la fuente de energía si se trata de motor eléctrico. En zonas lluviosas deberá disponerse de un tendal o techado a fin de evitar el excesivo humedecimiento del humus.



Cernido del humus de lombriz

4.6 Almacén para el humus

Es conveniente que esté ubicado cerca a la playa de cernido a fin de facilitar el traslado del humus ensacado o empaquetado. Una vez cernido el humus y antes de ser envasado, puede ser depositado en un cuadrilátero de paredes de ladrillo, de 1 a 1.5 m de altura, con sobrecimientos, y en el mejor de los casos, revestidas con cemento. Lo más recomendable es dotar al almacén de una sombra o techo, pero procurando siempre una buena ventilación, lo cual se puede lograr dejando descubierta la parte superior de las paredes o usando malla metálica.

4.7 Otras instalaciones

De acuerdo a la magnitud y grado de tecnificación del plantel, surgirán necesidades propias, algunas de las cuales pueden ser las siguientes:

- Casetas o un ambiente para oficina.
- Gabinete o laboratorio para el control de calidad del humus.
- Almacén para equipos y herramientas.
- Vestuario y servicios higiénicos.
- Vivienda para el guardián.
- Tanques para agua y sistema de bombeo.
- Garaje y/o playa de estacionamiento para vehículos, etc.



5. MANEJO DEL PLANTEL

5.1 Alimentación

5.1.1 Preparación del compost

La lombriz se alimenta de toda clase de materia orgánica que haya sufrido un primer proceso de descomposición. Este alimento o "compost" será además el hábitat de la lombriz y por lo tanto, debe tener algunas condiciones especiales, tales como por ejemplo: pH (estado de acidez o alcalinidad entre 6 y 8) y un alto contenido de humedad (70 a 80%), puesto que la lombriz se alimenta absorbiendo ya que carece de dientes.

El compost se prepara con toda clase de productos y residuos orgánicos disponibles, pudiendo ser estiércol de diferentes especies animales, paja, papel, residuos vegetales, restos de cocinería, residuos o basuras orgánicas de las ciudades, etc. El proceso demora aproximadamente seis semanas, variando con los materiales que se usen, y quedará listo para alimentar a las lombrices cuando se estabilice la temperatura (no suba de 25 °C), el pH se encuentre entre 6 y 8 y haya perdido el olor desagradable inicial.

Aunque algunos lombricultores emplean el guano de aves de granja en la preparación del compost, al parecer, no es un material muy recomendable, principalmente por su alto contenido de nitrógeno ureico que pueden dañar a las lombrices. Se ha hablado también del alto contenido de antibióticos y otros quimioterápicos que suelen haber muchas veces en estos excrementos y que pueden alterar el mismo proceso microbiano fermentativo de la preparación del compost.



Preparación del alimento para camas de lombriz

5.1.2 Suministro de alimentos a los lechos

Antes de alimentar a las lombrices, será necesario evaluar y probar el alimento, colocando un poco del mismo en un extremo del lecho para constatar si las lombrices acuden a él. Si esto no sucede, será señal de una mala preparación o que al alimento aún le falta transformación, y por lo tanto no se podrá usar. Una vez comprobada la buena calidad del alimento, se colocará disponiéndolo en forma de un montículo a lo largo del lecho, en su parte central, pero tratando de dejar libres los bordes como franjas de seguridad aún cuando el alimento haya sido probado.



Alimentación de las camas de lombricultura

Se deberá administrar aproximadamente 50 a 60 kg de compost por m^2 de lecho, mensualmente; variando esta proporción según la densidad de lombrices en cada lecho. Al iniciar un nuevo lecho o reinstalar los que fueron desocupados después de la cosecha de humus, se les llenará hasta la mitad de su altura (0.15 m) antes de la siembra de las lombrices, siendo suficiente este alimento normalmente para unos tres meses. Otra manera de alimentar es poner el compost al inicio en una proporción de 90 a 100 kg por m^2 y realimentar con 50 a 60 Kg por m^2 , mensualmente.

5.2 Cuidado y mantenimiento de los lechos

5.2.1 Humedad y riego

Teniendo en cuenta que la lombriz succiona el alimento, es muy importante que éste se encuentre siempre bastante húmedo (70 a 80 % de humedad). Esto se consigue regando periódicamente en forma suave, evitando chorros, inundaciones o charcos, que resultan muy perjudiciales. La cantidad de agua a aplicarse, varía según la época del año, considerándose como promedio, unos 10 litros por m^2 de lecho al día. En general, a mayor temperatura ambiental, como por ejemplo en el verano, el riego deberá ser más abundante.

El riego podrá efectuarse manualmente (mangueras, regaderas, etc.) o mediante sistemas automáticos y mecanizados (microaspersión), para lo cual se precisa de equipos especiales. En forma práctica la humedad se estima ajustando fuertemente un puñado de alimento y ver si escurre unas cuantas gotas de agua entre los dedos, signo éste de humedad adecuada.

5.2.2 Aireación y sombra

La lombriz requiere aire para sus procesos vitales y por lo tanto es necesario remover los lechos con trinches cada cierto tiempo para soltarlo, ya que los riegos frecuentes tienden a compactar el sustrato. Esta operación se repetirá cada vez que sea necesaria. La temperatura ideal del sustrato del lecho varía entre 18 y 25 °C.



La sombra es importante en el verano para mantener un ambiente adecuado.



No se debe cubrir los lechos con plásticos u otros materiales que impidan la circulación del aire, pero sí se podrá hacerlo con paja, hojarasca, esteras tejidas con fibras vegetales, etc. que ayudarán a modular la elevación de la temperatura y al mismo tiempo evitarán la evaporación excesiva, ahorrando agua y disminuyendo la frecuencia de los riegos.

5.3 Siembra de las lombrices y expansión del criadero

La crianza en cada lecho se inicia casi siempre con densidades poblacionales bajas (2,500 lombrices por m² de lecho), lo cual favorece su rápida adaptación y multiplicación. En nuestro medio la población suele duplicarse con un adecuado manejo, cada sesenta días y por lo tanto, en pocos meses habrá llegado la densidad de la población al punto más alto permisible (40 mil lombrices por m² de lecho), momento en cual será necesario retirar el exceso de lombrices mediante las llamadas "trampas alimenticias". Las lombrices cosechadas en esta forma serán sembradas en nuevos lechos o servirán para producir la "harina de lombriz".

Las trampas mencionadas consisten en montones de alimento nuevo, de aproximadamente 0.20 m de altura, colocadas a lo largo de todo el lecho. A partir del siguiente día, las lombrices subirán gradualmente a la trampa, la cual se retirará en 3 a 5 días, llenas de lombrices. Con el objeto de capturar y retirar del lecho el mayor número posible de lombrices, frecuentemente se acostumbra colocar una segunda y hasta una tercera trampa.



Expansión del criadero de lombriz

Según se establezca en el programa de desarrollo del plantel, se puede también ir duplicando los lechos antes que éstos alcancen sus máximas densidades permisibles, con el fin de evitar el exceso de población ya que ello perjudica notablemente a la reproducción.

5.4 El humus de lombriz

5.4.1 Cosecha y manejo del humus

Una vez lleno el lecho tras los suministros mensuales de alimento, generalmente al sexto mes, y una vez convertido todo el sustrato en humus; se procede a retirar las lombrices mediante las trampas mencionadas anteriormente. Luego se retira el humus en carretillas y se lleva a una losa o patio de oreo para bajar el grado de humedad hasta alrededor del 50 %, operación que deberá hacerse preferentemente bajo sombra y evitando la formación de costras secas en la superficie de los montones de humus cosechado.



Cuando la humedad se ha reducido adecuadamente, se procede al zarandeo del mismo con una malla o cernidor que permita una granulometría adecuada según el destino y uso que va a tener el humus. El zarandeo separa algunas impurezas (pelos, piedras, paja, alimento sin procesar, etc.). Luego viene el envasado y pesaje de las bolsas o sacos para su posterior almacenamiento y comercialización.

Para el almacenamiento y conservación del humus hay que tomar algunas precauciones, recomendándose que los sacos no sean herméticos o impermeables (a menos que no se guarden por períodos largos) y no deberán almacenarse en ruinas de más de 5 sacos de altura, disponiéndolos de manera que se pueda circular entre ellas para poder humedecerlos periódicamente evitando su resecamiento y conservando vitales los microrganismos a los cuales debe el humus en gran parte su poder fertilizante. Tomando estas precauciones, se puede guardar el humus por varios meses. Sin embargo, algunos prefieren almacenarlo a granel hasta el momento de su despacho, pero siempre bajo sombra y cuidando que no se seque.



Cosecha del humus de lombriz

5.4.2 Características y calidad

El humus de lombriz se presenta como una sustancia granulosa, negruzca, húmeda y prácticamente inodora. Su calidad depende principalmente de factores como los siguientes: Materias primas usadas, sistema de procesamiento una vez cosechado, y almacenaje, entre otros.

El humus dé lombriz debe tener una humedad superior al 40 % para mantener viva a la población microbiana que es de alrededor de veinte mil millones de colonias por gramo de humus, pudiendo incrementarse esta cifra de acuerdo a la calidad del producto. La composición química promedio del humus de lombriz, fluctúa entre los valores que se proporcionan en la Tabla:


Valores medios analíticos del humus de lombriz

pH	6.5 – 7.5
Carbonato de calcio	8.0 – 14.0 %
Cenizas	28.0 – 68.0 %
Nitrógeno total	1.5 – 3.0 %
Fósforo total	0.5 – 1.5 %
Potasio total	0.5 – 1.5 %
Materia orgánica	30.0 – 60.0 %
Humedad	40.0 – 55.0 %
Ácidos húmicos	5.0 – 7.0 %
Ácidos fulvicos	2.0 – 3.0 %
Magnesio total	0.2 – 0.5 %
Calcio total	2.5 – 8.5 %
Manganoso total	260.0 – 580.0 p.p.m
Cobre total	85.0 – 100.0 p.p.m
Zinc total	85.0 – 400.0 p.p.m
Capacidad de intercambio	
Catiónico (C.I.C.)	75.0 – 80.0 meq/100 g
Conductividad eléctrica	3.0 – 4.0 mmhos/cm
Retención de humedad	1500.0 – 2000.0 cc/Kg seco
Superficie específica	700.0 – 800.0 m ² /g

En el humus es de gran importancia, principalmente el pH, la C.E., el contenido de ácidos húmicos y fulvicos y la carga microbiana. En la calidad del humus también hay que tener cuidado con la contaminación con materias inertes tales como tierra, arena, etc., así como con sustancias tóxicas preexistentes en las materias primas usadas.



5.4.3 Ventajas y aplicaciones

Como características beneficiosas más notables, el humus de lombriz ofrece sustancias orgánicas tales como enzimas, hormonas (auxinas) y ácidos orgánicos que mejoran el ritmo de crecimiento de las plantas y los rendimientos de las cosechas; contribuyendo también a ello los minerales que contiene. El humus de lombriz mejora la textura del suelo, aligerando los terrenos arcillosos y agregando los arenosos, y por ser de naturaleza coloidal, retiene mucha humedad. Además, no quema a las plantas ni semillas y evita el choque que los vegetales sufren al transplantarse. Otra ventaja destacable es que este abono orgánico no contamina los suelos, los cultivos ni las aguas, preservando el medio ambiente y la salud del hombre y de los animales.



Capítulo



Lombricultura

PRÁCTICAS AGRONÓMICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS

Estas prácticas agronómicas son de importancia para la protección del suelo, en contra de la erosión, pérdidas o desgaste del suelo, esta práctica favorece también a algunos cultivos de los factores climáticos. Se enfocará a continuación.



1. SURCOS EN CONTORNO

Consiste en realizar todas las labores y operaciones culturales “en contorno”, o sea a curva de nivel o perpendicular a la pendiente. Su función es constituir un obstáculo que impida el paso del agua de escorrentía, para disminuir así su velocidad y su capacidad de arrastre del suelo.

Ventajas:

- La infiltración del agua en el suelo aumenta y así la cantidad de agua almacenada en el perfil.
- El agua de escorrentía provoca menos daños, la erosión es menor y se reduce la degradación de la capacidad productiva del suelo.
- Son prácticas sencillas y de fácil adopción por los agricultores.

La Construcción de los surcos en contorno se inicia con un reconocimiento del terreno para verificar el tipo de suelo y la topografía del área. Se delinea el surco con la ayuda del nivel en “A”, un nivel de burbuja, o de manguera, con una inclinación máxima del 1%, dirigida hacia uno de los costados del terreno. Siguiendo la alineación, se abre el surco con un azadón, con yunta o tractor. La distancia entre surcos depende de la pendiente del terreno y el tipo de suelo.

2. BARRERAS VIVAS

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas perpendicularmente a la pendiente (curvas a nivel). Las plantas se siembran una cerca de la otra para formar una barrera continua. Sirven para reducir la velocidad del agua de escorrentía y además actúan como filtros vivos, atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre sobre la superficie del suelo.

Las barreras vivas impiden que el flujo de agua adquiera una velocidad erosiva, al cortar el largo de la pendiente en pequeñas longitudes. Permiten al limo sedimentar a la vez que favorecen la infiltración del agua en la ladera. Hasta 15 % de pendiente y para suelos profundos, las barreras vivas lograrán detener la degradación del suelo en niveles tolerables, siempre y cuando vayan acompañadas de buenas prácticas agronómicas.

Ventajas de las barreras vivas:

- Utilización de material vegetativo, lo cual significa producción de biomasa, que según los casos, el agricultor puede aprovechar para forraje, materia orgánica o para otros usos.
- Costo de establecimiento es bajo, utiliza la mano de obra del agricultor, necesita pocas herramientas y se buscan materiales locales para la barrera.
- Son de fácil adopción por el agricultor por la sencillez en su establecimiento.
- El mantenimiento es poco exigente en mano de obra.
- Sirve de líneas guía para los trabajos de labranza, siembra y deshierbos en contorno.



Establecimiento

Para el establecimiento de la barrera se deben considerar tres pasos:

- Selección y preparación del material
- Preparación de la tierra
- Siembra o plantación

Luego se procede a trazar las líneas guías en contorno, después de haber identificado la pendiente promedio de la parcela y haber definido el espaciamiento entre las barreras. El trazado se realiza con cordel, con nivel en "A" o con nivel de manguera. Las barreras vivas deben sembrarse al inicio de la época de lluvia, supervisar el prendimiento para luego realizar el repoblamiento de los lugares vacíos.

3. ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos es la renovación regular de los cultivos en el tiempo en el mismo terreno. Es una práctica muy antigua, controla la erosión y mantiene la productividad de los terrenos. El beneficio de esta práctica depende de la selección de los cultivos que van a notarse y de la secuencia que se siga en su siembra. Este principio resalta la importancia de la combinación de la agricultura y ganadería en el equilibrio de las unidades productivas.



Nota

Una buena rotación siempre debe incluir leguminosas y áreas de pastos por un tiempo más o menos largo, según la susceptibilidad del terreno a la erosión.

Los criterios que debemos tomar en cuenta en la implementación de un plan de rotación de cultivos son:

- El efecto sobre la bioestructura del suelo, puesto que hay cultivos que son exigentes a esta propiedad física del suelo (algodón, trigo, caña de azúcar, etc.), otros no son exigentes, pero sin embargo lo desgastan (maíz, sorgo y yuca). Hay cultivos que mantienen la bioestructura y otros que ayudan a su recuperación, aquí se incluyen todas las gramíneas forrajeras de porte pequeño y algunas leguminosas.
- Las exigencias de nutrientes por las plantas, que depende de la especie y de la variedad. Es imprescindible que los cultivos de una rotación tengan exigencias nutricionales diferentes, pero los mismos requerimientos de pH; sólo así se puede garantizar un buen balance nutricional y mejores rendimientos.
- Cada especie vegetal y cada variedad segregan secreciones radiculares que les son propias. Estas sirven para “ahuyentar” las raíces de otras plantas que son tóxicas para ellas. Con esto defienden su espacio radicular contra la invasión de otras raíces. Las raíces con exigencias semejantes no se toleran mutuamente, porque también excretan sustancias parecidas.
- El agotamiento del agua del suelo, se produce cuando dentro de la rotación hay dos cultivos exigentes en agua. Por ello es importante considerar dentro del plan de rotación la disponibilidad de humedad en el suelo y las exigencias del cultivo.



- Una buena rotación de cultivos debe ayudar a reducir la población de plagas y enfermedades. Por ejemplo, para enfermedades causadas por hongos, se requieren de 2 a 3 años, para nematodos de 3 a 5 años e insectos de 5 a 6 años. El tiempo depende de la textura del suelo, su contenido de humus, su riqueza en minerales y su actividad microbial.
- El valor económico de los cultivos que forman parte de la rotación es fundamental. Normalmente se exige que cada cultivo sembrado sea económicamente justificable. A veces, sin embargo es preferible plantar un cultivo recuperador, a pesar de que en el mercado tenga un precio bajo, pero que aumente la producción del cultivo siguiente.

Para hacer una rotación de cultivos es imprescindible que los cultivos se beneficien mutuamente, que se aproveche al máximo el fertilizante aplicado, de preferencia usen las mismas maquinarias, debe evitarse que coincidan en los picos de trabajo, que mantengan el suelo cubierto, que ayuden a recuperar el contenido de materia orgánica, conserven la bioestructura del suelo, reduzcan la presencia de plagas, enfermedades y plantas invasoras, mantengan una elevada producción y deben ser cultivos de la región que tengan mercado atractivo.

Para su ejecución en el campo, sólo se requiere hacer una buena programación en función a las condiciones climáticas, a las características del suelo y a los objetivos económicos. El tiempo mínimo para el diseño de un plan de rotación es de 3 años.

4. TERRAZAS DE FORMACIÓN LENTA

La terraza de formación lenta es una práctica mecánica que sirven para detener el arrastre de los suelos, guardar la humedad y aprovechar mejor la tierra. La terraza se va formando en un período de 3 a 5 años. La distancia entre las terrazas varía de acuerdo al grado de la pendiente o ladera, el tipo de suelo, cantidad de precipitaciones y clase de cultivos.

Pasos para la construcción de la terraza:

- Verificación de la topografía del terreno y observación de sus pendientes.
- En la mayor pendiente se empieza el trazado con el nivel en "A".
- Se inicia la construcción de las zanjas utilizando herramientas como la pala, el pico y el azadón. La tierra que se obtiene de la excavación se debe colocar en la parte superior para formar un camellón de 30 a 40 cm de alto.
- Se apisona la tierra del camellón y se siembra una gramínea forrajera u otra planta para proteger el camellón.



Ventajas:

- Control de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo.
- Retención de la humedad.
- Aprovechamiento de pasto y material vegetal en los lomos.
- Formación de una terraza de banco con el tiempo, sin utilización de mucha mano de obra.
- Utilización del producto final de los árboles en madera y leña.
- Las hojas que caen de las especies arbóreas y arbustivas se convierten en materia orgánica.
- Debido a la facilidad para realizar el trabajo se logra proteger una mayor extensión de terreno.
- Se optimiza el uso del agua.
- Aumenta la producción.

Para la construcción de la barrera se puede utilizar piedra, cangahua, arbustos, árboles, cactus, cabuya o pastos perennes, como es el caso del pasto milín que ha dado excelentes resultados para las terrazas de formación lenta.

4.1 Terrazas de banco

Son los terraplenes o mesas resultado del corte longitudinal de la pendiente de un terreno a través de la remoción de la tierra para su formación. Debido a la topografía irregular del terreno de la zona andina, las terrazas de banco se convierten en una alternativa válida para la conservación del suelo, mejoramiento de los cultivos y para el aumento de la producción.

Construcción:

- Utilizar el nivel en "A" para la delimitación de las terrazas.
- Permitir una inclinación del 1 % en el terreno para provocar la evacuación de los excesos de agua.
- Desbancar el terreno de la siguiente forma:
 - Mover la totalidad de la tierra hacia abajo.
 - Trasladar el 50% de la tierra hacia abajo y el resto hacia arriba.
- Proteger el talud con la siembra de pasto milín sembrando a tres bolsillos
- Preferir el cultivo de vicia o avena en el terreno, para aprovecharlos como abono verde.
- Incorporar directamente materia orgánica seca al suelo.
- Apisonar el terreno para conseguir mayor estabilidad del talud y evitar desbordamientos y destrucción de la plataforma.
- Permitir una pendiente hasta el 2% hacia uno de los costados del terreno y una inclinación del 5 % desde el borde del talud hacia la cuneta.
- Iniciar la siembra en las terrazas.
- Plantar árboles o arbustos nativos en los linderos para crear un micro clima adecuado en las terrazas.



5. ZANJAS DE INFILTRACIÓN

La finalidad de las zanjas de infiltración es retener el agua de escorrentía, que proviene de las partes altas del terreno, para que rompa la velocidad del agua, de tal manera que se capte y acumule en la zanja, para que sirva de reserva a los árboles y cultivos.

La zanja con gradiente del 1 %, sirve para retirar el exceso de agua, y se le conoce como zanja de desviación. Esta zanja se recomienda para muchos suelos pesados y arcillosos. La zanja sin gradiente (0 %) sirve para infiltrar el agua. Se recomienda construirla en suelos fracos arcillosos.

Se construye la zanja en la parte más alta del terreno y/o en el centro del terreno. Se debe tomar en cuenta la cantidad de precipitación en la zona. Si llueve bastante se realizan zanjas de desviación; si llueve poco, se construyen zanjas de infiltración.

Construcción de la zanja:

- Decidir acerca del lugar donde se va a realizar el trazado de la zanja.
- Trazar con el nivel en "A".
- Se marca el terreno para la construcción de las zanjas. Se puede realizar en terrenos arados o sin arar. Pero se recomienda para el ahorro de mano de obra y exactitud del trazado, realizarlo en terrenos sin arar.
- La forma de la zanja queda como una batea; esto garantiza que las paredes no se deslicen y se dañe la zanja.
- La parte superior de la zanja tiene un ancho de 50 cm, el fondo es de 40 cm y el alto de 40 cm.
- Se trasplanta pasto o cabuya a ambos lados de la zanja para protegerla.
- Se construyen diques a lo largo de la zanja cada 10 m, para almacenamiento y filtración del agua.
- Se recomienda no hacer las zanjas de más de 200 m de largo.



Cuidados de la zanja de infiltración:

- Se debe evitar que los animales entren a la zanja.
- Igualmente se debe realizar la limpieza de la zanja, cada vez que se llene con tierra. Esta tierra se saca y se esparce en el terreno.
- El trabajo de mantenimiento se realiza a nivel familiar o en la forma comunitaria.
- En estas prácticas conservacionistas hay mayor participación de mujeres y niños, pues la mayoría de los hombres migran a las ciudades.



Impreso en los Talleres Gráficos de
ISAGRAF S.R.L
Surquillo
☎ 243-2003 – 827*2650
Octubre 2008