

GUÍA TÉCNICA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DE METODOLOGÍAS DE COMPOSTAJE Y LOMBRICULTURA





ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

SECRETARÍA DISTRITAL DE HÁBITAT

**ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ
SECRETARÍA DISTRITAL DE HÁBITAT**

Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos
- UAESP

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Enrique Peñalosa Londoño

Secretaría Distrital de Hábitat

María Carolina Castillo

Directora UAESP

Beatriz Elena Cárdenas

Subdirectora de Aprovechamiento

Sergio Andrés Rodríguez

**Jefe Oficina de Comunicaciones y Relaciones
Interinstitucionales**

Ángela Marcela Acosta

**Subdirección de Aprovechamiento Contenidos
técnicos**

Gloria Paola Ávila Forero

Heimunth Alexander Duarte Cubillos

Edwin Roncancio Pinzón

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

Grupo de Investigación Sistemas Integrados de
Producción Agrícola y Forestal (SIPAF)

Director

Jairo Leonardo Cuervo Andrade

Coordinadora general

Ángela Sandoval Duarte

Equipo Técnico

Nathaly Martínez Ortiz

Ligia Paola González Wilches

Andrés Felipe Torres

Diseño y diagramación

Diego Sanabria Pinzón

Centro de Investigación y Extensión Rural - CIER,
Facultad de Ciencias Agrarias.

Contrato Interadministrativo 369 de 2014

Suscrito entre la Unidad Administrativa Especial de
Servicios Públicos - UAESP y la Universidad Nacional
de Colombia.

CONTENIDO

	Pág		
1. Beneficios del aprovechamiento de residuos orgánicos	17	12. Uso de microorganismos benéficos para la producción de abonos orgánicos	119
2. Abonos organicos	23	13. Sistemas para el aprovechamiento de residuos orgánicos	133
3. Beneficios de la materia orgánica en el suelo	25	14. Consideraciones adicionales zona urbana	141
4. Materiales aprovechables para elaboración de abonos orgánicos	27	15. Consideraciones adicionales para la zona rural	147
5. Tecnologías para producción de abonos orgánicos	37	Glosario.	155
6. Parámetros a tener en cuenta en el proceso de compostaje	43	Bibliografía	159
7. Técnicas para realizar compostaje	63		
8. Lombricultura	79		
9. Manejo del lombricultivo	95		
10. Sistemas de producción	109		
11. Dosis y métodos de aplicación	115		

PRESENTACIÓN

| VII |

La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) es una entidad pública descentralizada del Distrito adscrita a la Secretaría de Hábitat. Tiene por objeto garantizar la planeación, prestación, coordinación, supervisión y control de los servicios de: recolección, transporte, disposición final, reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos, la limpieza de vías y áreas públicas, los servicios funerarios en la infraestructura del distrito y el servicio de alumbrado público. En este sentido, el programa Bogotá *Basura Cero* es uno de los objetivos primordiales a implementar dentro del Plan de Desarrollo de la administración actual y su responsabilidad está a cargo de la UAESP.

El Programa *Basura Cero* fue formulado para mitigar los efectos socio-ambientales del cambio climático, mediante el desarrollo de un esquema de gestión integral de residuos, con un componente fundamental de inclusión social de la población recicladora. Con la inclusión de comunidad recicladora en el esquema de aseo distrital, el modelo implementado ha permitido un aumento considerable del aprovechamiento de los residuos en

hasta un 14%; en consecuencia se disminuye la disposición final de éstos en el relleno sanitario.

El modelo de aseo definido por el programa *Basura Cero* se fundamenta en los ejes del Plan de Desarrollo *Bogotá Humana* y en la perspectiva de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS). Este enfoque ha sido implementado por diversos países, quienes han atribuido una gran relevancia a transformar y superar la manera tradicional en que se maneja la temática de residuos, en la cual se ha privilegiado el enterramiento en rellenos y vertederos sin mayor consideración respecto a los impactos ecológico que se derivan de dichas prácticas.

En el relleno sanitario Doña Juana son enterradas diariamente 6.300 toneladas de residuos sólidos, de las cuales el 53.22% corresponde a residuos orgánicos, los cuales tienen un alto potencial de aprovechamiento por medio de tecnologías como: compostaje, lombricultivo y biodigestión. Es en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos que los residuos orgánicos tienen relevancia, pues son los mayores en generación por los distintos usuarios del servicio público de aseo y cuentan con un alto potencial de aprovechamiento.

Con base en estos preceptos, la Subdirección de Aprovechamiento de la UAESP bajo contrato inter-administrativo suscrito con la Universidad Nacional de Colombia, ha promovido el desarrollo

de esta guía para el manejo de residuos orgánicos, a pequeña y mediana escala en zona rural, urbana y periurbana de Bogotá. Se presenta como una iniciativa pedagógica que ofrece información sobre el manejo de residuos orgánicos y su utilización en la elaboración de abonos orgánicos, mediante metodologías de fácil aplicación y bajo costo -como el compostaje y lombricultura-, que pueden ser implementadas a nivel domiciliario, multifamiliar y por pequeños productores.

Este documento es elaborado para que el lector interesado encuentre alternativas prácticas en el aprovechamiento y manejo adecuado de residuos orgánicos. Al implementar estos procesos con los residuos que genera cada individuo, se cierra el ciclo de transformación de la materia, convirtiéndola en insumo primario empleado para la regeneración y estabilización de suelos; se obtienen alimentos más sanos y saludables; y se disminuyen los impactos ambientales negativos generados cuando estos residuos son extraídos de la tierra y enviados a relleno sanitario.

Finalmente, invitamos a todos los habitantes de Bogotá a reflexionar sobre el presente y futuro de nuestro planeta desde la corresponsabilidad ciudadana, especialmente a construir el empoderamiento urbano en relación con el manejo adecuado de los residuos sólidos que producimos a diario en nuestra ciudad.



INTRODUCCIÓN

| XI |

Bogotá, D.C. tiene una extensión total de 177.598 hectáreas, de las cuales el 73% es área rural y el 27% restante es área urbana -30.736 hectáreas-. El Distrito Capital se encuentra dividido territorial y administrativamente en 20 localidades, de las cuales 6 cuentan con territorio rural: Chapinero, Santa Fe, Usaquén, San Cristóbal, Usme, Ciudad Bolívar, Suba y Sumapaz. Esta última es la única localidad totalmente rural; siendo una localidad ecológicamente relevante ya que cuenta con el páramo más grande del mundo, ecosistema estratégico para la vida de todos los bogotanos. Debido a su extensión, la zona rural de Bogotá cumple una función estratégica de protección ya que el 97,6% de las áreas protegidas de la ciudad se ubican en área rural y corresponden al 63,1% del total del suelo rural, demostrando así el potencial geográfico, natural, cultural y productivo del territorio. (Alcaldía Mayor (1), 2007)

Bogotá -ciudad capital de Colombia- es una de las ciudades más densamente pobladas en Latinoamérica. En ella confluye una enorme diversidad de realidades con una afluencia migratoria

-por lo general, buscando mejorar la calidad de vida-, dinámica que ha causado un incremento en la población bogotana sobre los ocho millones de habitantes, produciendo así 6.300 toneladas de residuos sólidos por día. Algunos estudios indican que la composición de los residuos urbanos en Bogotá posee alrededor del 55.22% de residuos orgánicos biodegradables (en su mayoría, el 74%, generados por usuarios residenciales). El manejo que se le da a estos residuos consiste principalmente en: recolección, transporte y disposición final en el relleno sanitario. Dicho proceso conlleva problemas ambientales asociados, ya que los residuos depositados en el relleno pierden su utilidad y las condiciones anaerobias de descomposición de esta materia orgánica dentro del relleno liberan diversos gases nocivos a la atmósfera -el efecto invernadero-, así como lixiviados que generan contaminación del agua y del suelo; además se incurre en un gasto energético considerable para transportar estos residuos por largas distancias hasta el único relleno sanitario de la ciudad.

El modelo de aseo definido por el programa *Basura Cero* se fundamenta en los ejes del Plan de Desarrollo *Bogotá Humana* y en la perspectiva de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS). Este enfoque ha sido implementado por diversos países, quienes han atribuido una gran relevancia a transformar y superar la manera tradicional en

que se maneja la temática de residuos, en la cual se ha privilegiado el enterramiento en rellenos y vertederos sin mayor consideración respecto a los impactos ecológico que se derivan de dichas prácticas.

La GIRS se orienta en la maximización del aprovechamiento de los residuos, reincorporando materiales al ciclo productivo o empleándolos para la generación de energía. Así se reducen: la demanda por materias primas vírgenes -y los impactos de su extracción-; la generación de gases efecto invernadero, producidos en el relleno sanitario y el impacto asociado a la salud de los ciudadanos.

En este sentido, el objetivo de la GIRS -a partir del cual se ha desarrollado el programa *Basura Cero*- es reducir el monto de residuos generados y administrarlos de una manera sostenible, minimizando la carga ambiental asociada con un sistema de gestión. Para esto, el programa considera un enfoque global y sistémico -residuos, actores, estrategias, legislación, financiación, etc-; que combina métodos de recolección y tratamiento; y contempla la gestión de todos los materiales del flujo de residuos en un enfoque multi-material. Estas características son las que definen la integralidad de este sistema de gestión de residuos.

El manejo integral de *residuos sólidos orgánicos* se convierte entonces en una prioridad para

la gestión ambiental de la ciudad, en busca del desarrollo y mejoramiento de la calidad de vida de los bogotanos. Este manejo implica la adopción de todas las medidas necesarias en las actividades de consumo responsable, prevención, reducción y separación en la fuente, almacenamiento, transporte, aprovechamiento, valorización, tratamiento y disposición final de estos residuos en condiciones que propendan por el cuidado de la salud humana y del ambiente.

Dentro de las alternativas que se presentan viables para el aprovechamiento de los residuos orgánicos está la producción de compostaje y lombricompostaje, ya que residuos como: estiércol de animales, restos de cultivos, residuos de cafeterías, restaurantes y hogares; son materiales susceptibles de reincorporarse al suelo para uso en jardines ornamentales y productivos, agricultura urbana, recuperación de tierras degradadas, entre otros. En otras palabras, el compostaje y la lombricultura conforman uno de los mejores usos que se le puede dar a los residuos orgánicos, ya que su empleo como recurso primario es fundamental para la formación de la vida en plantas.

A nivel urbano existen múltiples experiencias en procesos de producción de alimentos y obtención de abono en las que se emplean prácticas de compostaje alternativas, se llevan a cabo por voluntades particulares o comunitarias e incluso

por las instituciones gubernamentales. En estos procesos se han realizado múltiples diseños de máquinas compostadoras con diferentes tamaños -dependiendo del espacio en el que serán utilizadas- y materiales -plástico, madera y metal- que cumplan con los requisitos necesarios para conseguir una degradación adecuada: buena ventilación, mantenimiento de la temperatura, control de humedad y fácil manipulación.

Un ejemplo de lo anterior es el proceso que la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá ha venido implementando desde hace más de 10 años, con el fin de reducir el volumen de residuos generados en su campus. Se han desarrollado diversos programas dentro de los cuales se destaca el de aprovechamiento de residuos orgánicos generados en los quehaceres de la universidad en su planta de compostaje. Además, se realizan diversos trabajos de investigación en el campo de la transformación residuos de origen orgánico, proponiendo soluciones ambientales que tengan un impacto positivo y puedan ser replicadas en otros espacios de la ciudad.

Se elabora esta guía teniendo en cuenta la condición actual de la ciudad, tomando la temática ambiental como eje de cambio y mejoramiento. En este documento se describe de manera sencilla y práctica el proceso de aprovechamiento de residuos orgánicos a pequeña escala, generados

en la zona rural, urbana y periurbana mediante su transformación en abono orgánico, empleando prácticas como compostaje y lombricultura. Se espera de este modo incentivar y fomentar el aprovechamiento de residuos orgánicos, involucrando a todos los habitantes y considerando que cada acción -por pequeña que sea- puede contribuir a transformar y mejorar el ambiente de nuestra ciudad.

1. BENEFICIOS DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

El aprovechamiento de residuos orgánicos representa múltiples beneficios, además que se disminuye la problemática que viven las poblaciones aledañas al relleno sanitario, que en últimas son las personas más afectadas con el mal manejo de los residuos orgánicos.



Imagen 1. Ciclo del aprovechamiento de residuos orgánicos.

Algunos de los beneficios se presentan a continuación:

Ambientales

- Reducen la cantidad de residuos que llegan al relleno sanitario.
- Se transforman en materia prima para fertilización ecológica.
- Contribuyen a la recuperación de suelos degradados.
- Facilitan la transición hacia modelos de agricultura ecológica u orgánica.
- Mitigan la emisión de gases de efecto de invernadero, al utilizar abonos orgánicos en sustitución de fertilizantes sintéticos.
- Incentivan el aumento de la cobertura vegetal de la ciudad, al tener disponibilidad de sustratos para cultivar plantas, que aumentan la tasa de fijación de dióxido de carbono, lo que mitiga el calentamiento global.
- Disminuyen la presión sobre los recursos naturales como la tierra negra y el petróleo (materia prima de fertilizantes sintéticos), al reducir su consumo.
- Regulan el pH del suelo, y su aplicación es benéfica en la producción de cultivos.
- Aplacan los olores ofensivos que se derivan de la descomposición de los residuos en el relleno sanitario, que afectan

principalmente a las personas que viven cerca al relleno.

Salud humana

- Facilitan la obtención de alimentos orgánicos, libres de contaminación por agroquímicos, fomentando la alimentación sana como estrategia de salud preventiva.
- Permiten disponer de sustratos orgánicos para el cultivo ecológico de plantas aromáticas medicinales, las cuales se constituyen en una alternativa natural a los productos farmacológicos.
- Previenen la aparición y transmisión de enfermedades que se generan con un manejo inadecuado de los recursos orgánicos al reducir la proliferación de vectores (moscas, roedores, entre otros).

Económicos

- Posibilitan la consolidación de proyectos productivos para la generación de ingresos alrededor de la producción de abonos y alimentos orgánicos.
- Minimizan la dependencia externa de fertilizantes, así mismo, brindan una mayor sostenibilidad y autonomía para los agricultores al aprovechar los recursos locales

- y reducir la compra de insumos para sus cultivos.
- Reducen los gastos de la canasta familiar al facilitar la producción de alimentos, plantas medicinales y materias primas naturales que dejan de ser compradas.
- Disminuyen los costos de producción al reemplazar los fertilizantes de síntesis química derivados del petróleo (urea y otros) de origen mineral como el fósforo, por abonos orgánicos producidos dentro de la misma finca.

Soberanía alimentaria

- Permiten el acceso y la disponibilidad de alimentos de calidad para las comunidades, al disponer de abonos orgánicos para su producción ecológica.

Sociales

- Posibilitan la organización de las comunidades alrededor de proyectos comunitarios. Facilitan la recuperación de territorios y espacios degradados por inseguridad o abandono, dándole aprovechamiento a los mismos.
- Generan cambios culturales y transforman los valores en los grupos comprometidos en liderar este tipo de iniciativas.

- Fortalecen el tejido social, al generar espacios para la integración de la comunidad y el intercambio de saberes.
- Preparan a las comunidades para un desarrollo humano sostenible y un consumo responsable a nivel local.



Imagen 2. Proyecto agricultura urbana en el barrio La Candelaria.



2. ABONOS ORGÁNICOS



Producto que al ser aplicado al suelo activa principalmente los procesos microbiales, fomentando simultáneamente su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad y aportando pequeñas cantidades de nutrientes. Incluye subproductos animales, estiércoles, residuos vegetales y lombri-compuestos (ICA 1995)

| 23 |

Importancia de los abonos orgánicos



Los abonos orgánicos son de gran importancia en la agricultura porque elevan el potencial productivo del suelo, actuando como potenciadores de sus características físicas, químicas y biológicas. Además son fuentes de varios nutrientes esenciales para las plantas, elevando el potencial de fertilidad del suelo. Los abonos orgánicos también incrementan el desarrollo radicular de las plantas, mejorando el sostenimiento de las mismas, promoviendo la sanidad del cultivo y aportando hormonas que influyen positivamente los mecanismos fisiológicos de las especies vegetales.



3. BENEFICIOS DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

| 25 |



Fertilidad

El suelo es el ecosistema más biodiverso del mundo, en él habitan un gran número de grupos de macro y microorganismos que lo hacen apto para dar los nutrientes necesarios en el desarrollo de las plantas.

La fertilidad natural de un suelo depende, sobre todo, de su capacidad de retener a los elementos nutritivos durante cierto tiempo, para ponerlos a disposición de las plantas conforme sus necesidades nutritivas y de esta forma disminuir las pérdidas por lavado o erosión (Fuentes. 2002).

A través del aprovechamiento de los residuos orgánicos, se pueden obtener abonos que resultan de gran beneficio para devolverle la fertilidad al suelo.



4. MATERIALES APROVECHABLES PARA ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

RESIDUOS ORGÁNICOS

Definición

Son residuos naturales que se descomponen fácilmente en el ambiente. Entre estos se encuentran: restos de residuos vegetales y alimenticios (cuncho de café), papeles no aptos para reciclaje que no tengan tintas, pasto, hojarasca, estiércoles de la cría de animales domésticos, residuos de cosechas, aserrines puros o con mezclas de excretas animales, líquidos biodegradables, madera, y otros residuos que puedan ser transformados fácilmente en materia orgánica.



Imagen 3. Algunos tipos de residuos orgánicos que se generan.

Separación en la fuente

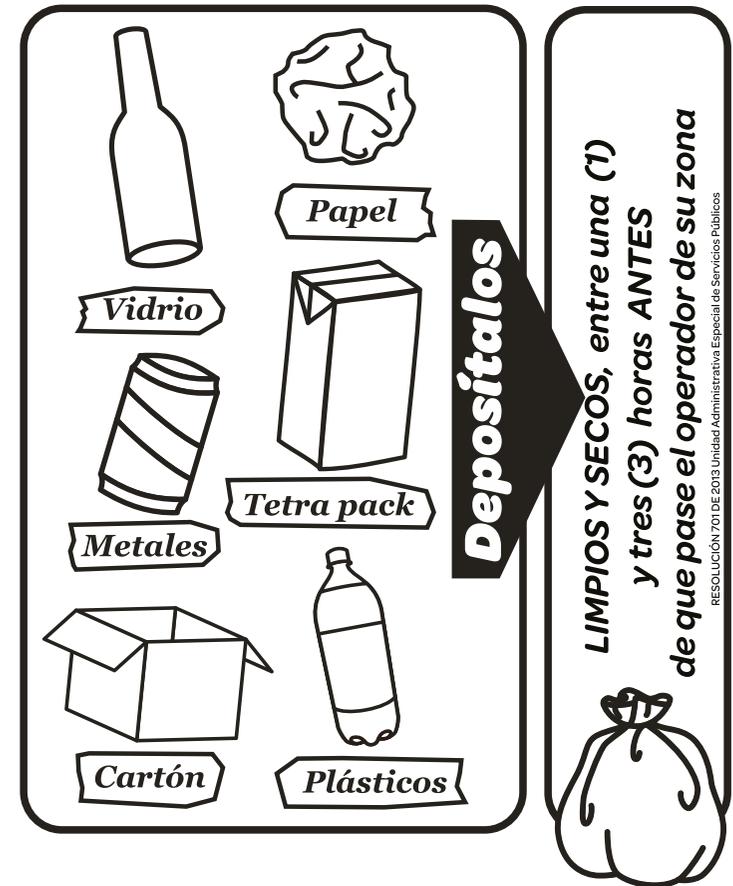


Consiste en separar los residuos desde donde se generan, en categorías dependiendo el uso que se les vaya a dar. En la actualidad, Bogotá realiza la separación en la fuente en dos categorías (reciclables y ordinarios) en donde la categoría de ordinarios se incluyen los residuos orgánicos (Decreto 400 y resolución 799 del 2012).

Para la implementación de cualquier sistema de aprovechamiento de residuos orgánicos, estos deben dejar de ser considerados como ordinarios y ser separados de otros residuos, tales como papel, cartón, vidrio, metal, huesos de res y/o cerdo, pitillos, mezcladores, bolsas plásticas, colillas, pañales, papel higiénico objetos cortopunzantes, residuos peligrosos, residuos de metales pesados u otros materiales que limiten su potencial de aprovechamiento.



Imagen 4. Porcentaje de residuos orgánicos que se producen en una bolsa convencional. **Imagen 5.** Separación en la fuente de residuos aprovechables que se manejan en el distrito.



A continuación se presenta un esquema de separación en la fuente para realizar aprovechamiento de residuos orgánicos:

Tabla 001. Propuesta de separación de residuos sólidos para aprovechamiento de residuos orgánicos.



ORGÁNICOS	RECICLABLES	ORDINARIOS
Residuos de cocina crudos.	Papel y cartón	Papel higiénico
Restos de comida cocinados (lavazas) solamente grandes generadores*	Plásticos	Papel absorbente
Restos de cosecha	Envases de tetrapack	Usado:- Servilletas, Papel de cocina, Faciales
Desyerbes	Vidrio	Pañales y elementos sanitarios
Forestales, podas	Metales (Aluminio, Cobre, Chatarra)	Papel parafinado
Hojarasca	Discos compactos	Papel plastificado
Corte de césped	Textiles (Telas, trapos, lanas e hilos).	Papel carbón
Cáscaras de frutas y tubérculos.	Botas de caucho.	Material papel o cartón impregnado de grasa
Restos de verduras en general.	Elementos desechables con prelavado	Residuos de barrido
Vainas de granos.		Papel metalizado
Cáscaras de huevo.		Cajas y colillas de cigarrillos
Cuncho de café		Materiales reciclables que se encuentran contaminados, sucios y /o húmedos.
Estiércoles		
Camas y lechos de cría de animales		
Aserrín y viruta de madera		
Papel y cartón libre de tintas		
Cenizas.		

**Los residuos cocinados se deben tratar por personal idóneo y tecnologías adecuadas, la separación en la fuente se debe realizar solamente por grandes generadores (hoteles, restaurantes, casinos multiusuarios) y todo aquel que genere grandes cantidades de este tipo de residuo.*

Residuos orgánicos más comunes generados en zona urbana y rural de Bogotá

A continuación se presentan los residuos típicos y de mayor generación que se producen en los hogares bogotanos de la zona rural y urbana, se describe su uso y ventajas para la producción de abonos orgánicos

Tabla 002. Residuos típicos generados en la zona rural y urbana y su uso para la elaboración de abonos orgánicos.

RESIDUOS TÍPICOS ZONA URBANA			
Tipo de residuo	Descripción	Utilización	Descomposición
Residuos Crudos	Corresponden a residuos antes de la preparación de los alimentos, tales como, frutas, verduras en general, cáscaras de frutas y verduras, restos de hortalizas, residuos de preparación de jugos en general, granos, etc.	Excelente material para utilizar en la producción de abonos orgánicos, es mejor adicionar los residuos frescos antes de que se descompongan.	Lenta
Lavaza	Conformados por alimentos que han pasado por algún proceso de cocción, entre estos están: restos de comida y carnes, restos de plantas aromáticas, etc.	No se recomienda su uso en producción de abonos orgánicos por la posible contaminación microbiológica generada por la saliva humana y su alto contenido de sales. Se aconseja su uso para actividades que no sean agrícolas.	Rápida
Pasto	Residuo generado cuando se corta el césped.	Cuando está recién cortado contiene altas cantidades de nitrógeno, y a medida que va pasando el tiempo se reduce el contenido de nitrógeno y es remplazado por carbono, es un buen material para producción de abonos orgánicos, además, una vez que esté seco, se puede tener acumulado para realizar su introducción en las pilas de compostaje y balancear la relación carbono / nitrógeno.	Rápida
Aserrín	Proveniente de las labores de carpintería.	Este residuo es muy bueno para poder tener una relación carbono / nitrógeno adecuada, y se puede tener almacenado por largos periodos de tiempo e ir introduciéndolo cuando se haga la mezcla.	Muy lenta
Chipiado de árboles	Residuo que se genera en la actividad de corte de árboles o de su mantenimiento.	Picado o chipiado, es un material excelente para introducir en las mezclas, ya que debido a su rigidez, le adiciona porosidad a la pila y permite el paso del aire dentro de la mezcla.	Muy lenta
Hojasca	Residuo que proviene de las hojas de los árboles que caen al piso y se secan.	Buen material para utilización en las pilas de compostaje y armado del lecho de las lombrices, ya que le da estructura a las pilas de compostaje y a los lechos de lombrices, además tiene la ventaja de que puede ser acumulado por periodos de tiempo prolongados, así que puedo tener material acumulado e ir introduciéndolo en las mezclas a media que se necesite.	Lenta
Cáscaras de huevo	Cáscaras de huevos de gallina u otras aves.	Material con alto contenido de calcio, enriquece el abono, lo ideal es introducirlo pulverizado.	Muy lenta
Papel y carton sin tintas		Es un buen material a introducir, pero hay que tener cuidado que no contengan tintas, ya que estas afectan a los microorganismos y lombrices, además reducen la calidad del producto final.	Lenta

Lixiviados	Líquido proveniente de la descomposición de los residuos biodegradables, que puede recolectarse y recircularse antes de que pase por la fase termofílica.	Son líquidos que tienen altas cargas microbiales, son buenos para utilizarlos en las primeras fases de degradación de las pilas de compostaje, pero no después de que la pila aumente la temperatura a la fase termofílica, ya que podríamos estar introduciendo microorganismos patógenos nuevamente.	Rápida
Sueros de productos lácteos	Obtenidos por procesos de fabricación de productos lácteos como queso y yogurt.	Son buenos al inicio de la fase de compostaje, ya que bajan las colonias de microorganismos patógenos en las mezclas de compost.	Rápida
Cuncho de café	Residuo generado de la preparación de café.	Material excelente para cubrir las pilas de compost y así evitar la presencia de moscas y roedores.	Lenta
RESIDUOS TÍPICOS ZONA RURAL			
Estiércoles	Excretas generadas en la cría de animales domésticos (gallinas, vacas, caballos, cerdos, cabras, conejos etc.).	Materiales excelentes ya que aportan altos contenidos de nitrógeno, pero se debe tener estricto cuidado con su manejo, ya que si las pilas no alcanzan la fase termofílica (55-60°C) puede causar problemas de sanidad para suelos, aguas, cultivos y animales.	Rápida
Camas de animales	Mezclas de excretas con otro tipo de material vegetal como aserrín, viruta de madera, cascarilla de arroz.	Son buenos materiales ya que al combinarse excretas con aserrín dan una buena relación carbono/nitrógeno que favorece el proceso de degradación en las pilas de compostaje.	Lenta
Cenizas o legía	Provenientes de las actividades de cocinar alimentos con leña o carbón vegetal.	Son buenas para inocular cuando hay problemas de pH ácido, o para control de la planaria en lombricultura, lo mejor es que cuando se utilicen se les adicione agua para bajar el pH.	Lenta
Residuos de Cosecha	Restos vegetales provenientes de la cosecha de alimentos.	Buen material para la producción de abonos orgánicos, preferiblemente si provienen de cultivos orgánicos.	Lenta
Cascarilla de arroz	Residuo resultante de pulir el arroz	Puede ser limitante por costo, pero si lo tiene en exceso, es un buen material para introducir a la mezcla de compost o al lecho de las lombrices	Lenta

Residuos orgánicos de manejo especial

Existen residuos orgánicos que tienen manejos especializados para su aprovechamiento, deben cumplir especificaciones técnicas estrictas debido al riesgo que pueden representar si son mal manejados y su uso puede estar restringido para el proceso de producción o para la utilización del abono resultante.

Tabla 003. Residuos con restricciones para producción de abonos orgánicos.

Residuos cocinados (lavazas)	Pueden contener exceso de sal que genera toxicidad en plantas, y saliva humana que puede generar riesgo de contaminación, con posibilidad de generar enfermedades en animales.
Su manejo se le debe dejar a personas expertas y utilizar tecnologías adecuadas para su transformación en abonos.	
Residuos de plantas de sacrificio de animales (huesos, sangre, carne)	Facilitan procesos de putrefacción y proliferación de vectores (roedores, cucarachas, moscas, etc.) su manejo debe ser realizado por personal especializado, bajo estrictos controles de seguridad para que puedan ser aprovechados.
Estiércoles y orines de humanos, de perro o de gato	Pueden presentar microorganismos patógenos que requieren altas temperaturas para su eliminación, y por tanto, un control muy estricto del proceso.
Residuos de plantas de tratamiento de aguas	Los residuos generados de esta actividad solamente podrán ser utilizados si cumplen con los parámetros de calidad exigidos por el ICA.
Pelos y grasas	Demora los procesos de descomposición, traen microorganismos, contaminantes y malos olores.
Animales muertos de cría de animales domésticos	Estos deben ser incinerados en condiciones especiales o pueden ser compostados bajo parámetros contralados, teniendo en cuenta la reglamentación del ICA.

5. TECNOLOGÍAS PARA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

COMPOSTAJE

Proceso aerobio de degradación de materia orgánica, con aumento de temperatura de forma controlada; se realiza por acción de microorganismos en presencia de aire para generar el abono orgánico llamado *compost*.

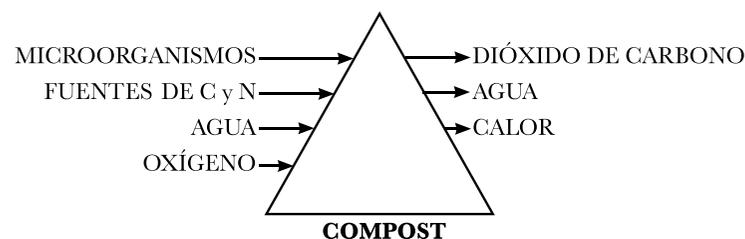


Imagen 6. Dinámica del proceso de degradación en compostaje.

Objetivos de realizar compostaje:

- Aprovechar los residuos orgánicos para que no sean llevados al relleno sanitario.
- Destruir microorganismos que causan enfermedades a plantas, animales y humanos.
- Estabilizar residuos orgánicos en materia orgánica para los suelos.

- Desactivar la capacidad germinativa de las semillas de plantas indeseables (malas hierbas).
- Aumentar el contenido de nutrientes para ser aprovechados por las plantas.
- Transformar los residuos orgánicos en un producto estable y maduro utilizable en agricultura.

Beneficios de la utilización del compost

El compost ayuda a mejorar las propiedades del suelo: físicas (agregación, porosidad, retención de humedad), químicas (pH, materia orgánica, nutrientes) y biológicas (microorganismos, fauna), su estabilidad y la capacidad de sostener plantas de la siguiente forma:

- Incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico – CIC-. Un mayor contenido de materia orgánica facilita la retención de nutrientes, reduce la lixiviación o pérdida de éstos por acción de la lluvia e incrementa la absorción de minerales de uso agrícola reduciendo la contaminación del agua.
- Un mayor contenido de materia orgánica mejora la estructura del suelo y la formación de agregados, que incrementa la aireación y la capacidad de retención de humedad, y con ello, la eficiencia en el uso de recurso hídrico.

- Aporta microorganismos benéficos para las plantas como: promotores de crecimiento vegetal, fijadores de nitrógeno, solubilizadores de nutrientes, antagonistas de patógenos y microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica, entre otros.
- La materia orgánica como enmienda contribuye a que algunos nutrientes que se encuentran retenidos en el suelo, se hagan disponibles para ser tomados por las plantas.
- Aporta macro y micronutrientes mediante procesos de liberación lenta, que permiten que éstos estén disponibles a mediano y largo plazo.

PROCESO DE DEGRADACIÓN EN EL COMPOSTAJE

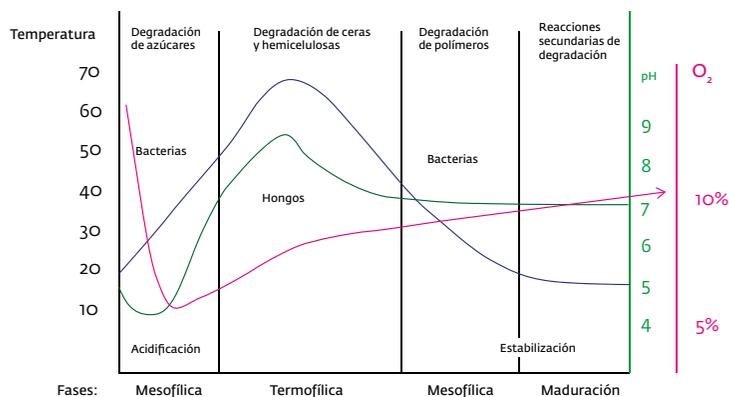
Fase Mesófila. El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 40°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de carbono (C) y nitrógeno (N) generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares generan ácidos orgánicos y por tanto, el pH puede bajar

(hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días).

Dinámica de degradación del proceso de compostaje.

| 40 |

Fase Termófila o de Higienización.



Cuando el material alcanza temperaturas mayores entre los 40-45°C, los microorganismos mesófilos son reemplazados por bacterias filamentosas (actinomicetos) y hongos. Sobre los 45°C aparecen bacterias termófilas, que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de carbono, como la celulosa y la lignina.

Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas del lugar y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de *higienización* ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella spp.* Esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

| 41 |

Fase de Enfriamiento. Agotadas las fuentes de carbono (en especial el nitrógeno en el material en compostaje) la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase continúa la degradación de polímeros como la celulosa y aparecen algunos hongos observables a simple vista.

Al bajar de 40°C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración.

Fase de Maduración. Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos

carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (FAO, 2013)

Tabla 004. Fases en el proceso de degradación del compostaje, microorganismos predominantes en cada fase y pH.

Mesofílica	Temofílica	Mesofílica II o de enfriamiento	Maduración
Temperatura ambiente hasta 40 °C	40 a 70°C o más	Descenso de la temperatura hasta 40-45°C	18 a 22°C
Hongos mesofílicos y termotolerantes. Bacterias mesofílicas.	Bacterias Actinomicetos Hongos	Bacterias Hongos Invertebrados	Bacterias Actinomicetos Hongos
pH 5 – 5.5	pH 8 - 9	pH 8.5	pH 7 - 8

6. PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA EL PROCESO DE COMPOSTAJE

Las existencia de poblaciones de microorganismos presentes en el proceso de compostaje y la velocidad de transformación de los residuos orgánicos, así como el normal desarrollo de las etapas del proceso anteriormente descritas, requieren garantizar las condiciones necesarias y el control de los siguientes parámetros:

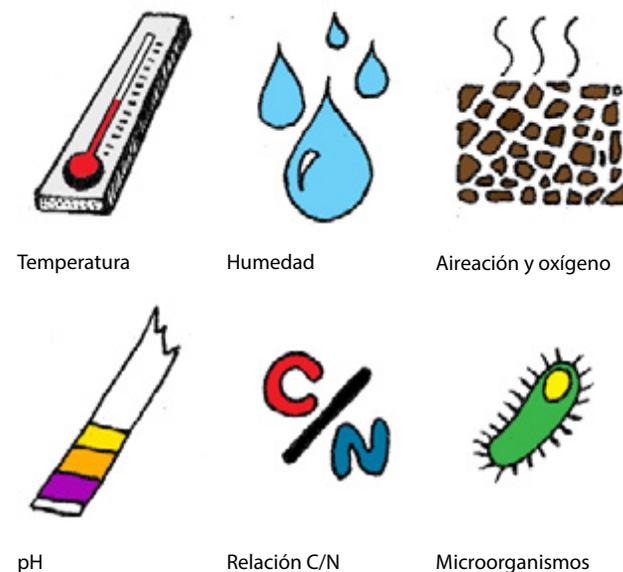


Imagen 7. Parámetros que se tienen en cuenta en compostaje

TEMPERATURA

Es un parámetro dinámico durante el proceso de compostaje, pues como se describió anteriormente, el proceso de compostaje presenta diferentes rangos de temperatura en sus fases de degradación. El aumento de la temperatura garantiza la calidad microbiológica y sanidad del compost.

Consideraciones a tener en cuenta:

- La temperatura, indica del correcto avance del proceso de degradación.
- El calor generado en el proceso de compostaje es derivado de la respiración de los microorganismos, no de la temperatura ambiente.
- Con el ascenso de la temperatura se eliminan microorganismos patógenos y se inactivan las semillas presentes en los residuos, un compost que no pase por las fases de degradación anteriormente mencionados puede representar un riesgo para la salud de plantas animales y humanos.
- Para garantizar que se realice un adecuado proceso se deben llevar registros de temperatura a diario.
- A mayor temperatura la velocidad de descomposición es mayor, ya que los materiales más duros provenientes de restos vegetales, se degradan a altas temperaturas.

- La temperatura no debe subir más de 70 °C ya que cuando sube demasiado se mineraliza la materia orgánica y se pierden nutrientes.
- La temperatura está directamente relacionada con los demás parámetros, es decir que si no aumenta la temperatura hay que hacer un proceso de descarte hasta llegar al problema:

Tabla 005. Problemas más comunes relacionados con la temperatura en el compostaje y su solución.

Temperaturas menores a 50 °C		
Problema	Causa	Solución
Tamaño de la pila inferior a 1 metro	No se tiene el tamaño para alcanzar las temperaturas requeridas en el proceso.	Añadir más material para incrementar altura entre 1.5 - 2 m.
Exceso de C. Relación C/N > 30	Los microorganismos no tienen el Nitrógeno necesario para sintetizar proteínas y se reduce la velocidad del proceso.	Agregar material rico en nitrógeno como estiércol o residuos de cocina.
Déficit o exceso de humedad.	Disminuye la actividad metabólica por falta de agua o asfixia de microorganismos por inundación.	Agregar agua hasta obtener el rango óptimo entre 45%-60%.
Temperaturas mayores a 70 °C		
Problema	Causa	Solución
Exceso de N. Relación C/N < 30.	El exceso de Nitrógeno genera un aumento en la velocidad y temperatura del proceso.	Adicionar material rico en carbono como hojarasca, pasto seco, aserrín.
Falta de aireación.	Volteo insuficiente.	Realizar volteo y garantizar tamaño de partícula óptimo para generar oxigenación.

MEDICIÓN

En el mercado se encuentran sensores especializados para realizar esta labor, lo ideal -si tienen pilas largas- es tener un termómetro de sonda que penetre al menos 50 cm al interior de la pila, pues allí es donde hay mayor ascenso de temperatura.



Imágenes 8 y 9. Medición de la temperatura en pilas de compostaje. Se observa la temperatura de la fase mesofílica (izq). Se observa la elevación de la temperatura hasta la fase termofílica (der).

Si no se cuenta con termómetro digital se puede realizar la prueba introduciendo una varilla metálica dentro de la pila de compost: si el calor que se percibe es tolerable, posiblemente esté en la fase mesofílica; si el calor que se percibe es intolerable puede que la pila se encuentre en la fase termofílica.

Tabla 006. Temperatura y tiempo requerido para la eliminación de microorganismos patógenos (Staff of biocycle. 1991)

Organismo	Tiempo exposición	Temperatura °C
Salmonela	30 minutos	55-60
Coliformes	20 minutos	60
Tenia	5 minutos	70
<i>Trichinella spiralis</i>	1 hora	62-72
Brucela	3 minutos	54

| 47 |

La tabla 006 muestra la importancia de lograr el desarrollo de la fase termofílica en un tiempo de exposición mínimo, alcanzado altas temperaturas para eliminar microorganismos patógenos para humanos. Como se puede evidenciar, es necesario alcanzar temperaturas entre los 55-70°C, durante tiempos de exposición (desde minutos hasta días) recomendándose un mínimo de tres días a 55°C (EPA, 1999).

Tabla 007. Supervivencia de microorganismos patógenos en diferentes medios.

Agente	Medio	Supervivencia días
Huevos de áscaris	Suelo	Hasta 7 años
Salmonela	Vegetales	27-35
Cólera	Suelo	29-70
Virus del polio	Vegetales	31-53
Coliformes	Espinaca, leche, vegetales	22-25
	Comestibles alcalinos	2
	Aguas contaminadas	20
	Pastas	14
	Tomates	15

(Staff of biocycle. The art and science of composting. 1991)

HUMEDAD

El agua es requerida para las funciones metabólicas de los microorganismos, que son quienes realizan los procesos de degradación de los residuos orgánicos.

La humedad óptima para una máxima eficiencia en el proceso de degradación esta entre el 45-60%.

El calor generado en el proceso de descomposición disminuye la humedad.

La humedad es adecuada si es posible formar una pelota del material sin que fragmente o se desmorone. Si está muy húmeda la mezcla, se debe agregar un poco de material seco (aserrín, hojarasca), y si por el contrario la mezcla está seca, se puede agregar un poco de agua o residuos crudos de cocina, hasta lograr la humedad recomendada.



Imágenes 10 y 11. Relación entre residuos húmedos y secos para obtener la humedad adecuada en la mezcla. Balance de humedad Foto 1 residuos húmedos Foto 2 residuos secos.

El riego debe realizarse preferiblemente por aspersión, garantizando que el agua llegue a la totalidad de mezcla; de no ser así habrá puntos muertos en la pila en los cuales el material no se degradará.



Imagen12. Riego de pilas, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia.

El agua para riego debe ser preferiblemente agua lluvia, ya que el agua potable tiene altos contenidos de cloro que pueden afectar a los microorganismos.

En la primera fase del proceso de degradación (hasta cuando se alcancen los 45°C) se puede regar con los lixiviados que salen de los residuos, estos ayudan a acelerar el proceso de degradación debido a la alta carga microbial presente en ello;

pero cuando se alcance la fase termofílica (temperatura mayor a 55°C), se debe detener su uso ya que puede ser probable que el lixiviado presente algún microorganismo patógeno.

MEDICIÓN

Existen en el mercado diferentes sensores para controlar este parámetro, como los higrómetros, sensores de humedad en suelos etc., sin embargo, la prueba de puño es una prueba válida para verificar cualitativamente la humedad.



Imagen 13. Medición de humedad mediante sensor de humedad, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia.

Prueba de puño

Se toma material de la mezcla en la mano y se oprime: el estado ideal es que se genere una especie de agregado, el cual no debe escurrir más de una o dos gotas. Si por el contrario, el material está muy seco se desmorona en las manos y no se forma ningún agregado y quiere decir que le falta humedad. Cuando el material está muy húmedo escurrirá más de tres gotas y habrá que adicionarle material seco.

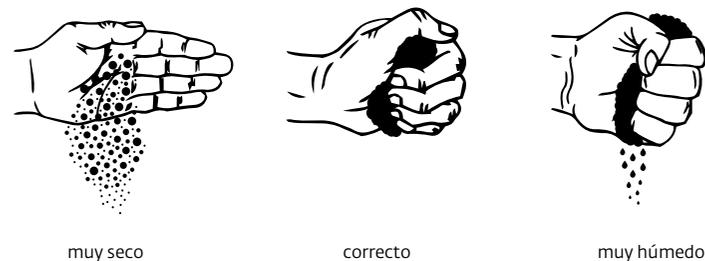


Imagen 14. Medición de la humedad en la mezcla mediante la prueba de puño.

Tabla 008. Problemas más comunes relacionados con la humedad en la masa de compostaje y su solución.

Problema	Causa	Solución
Contenido de humedad mayor al 60%	Problemas de malos olores, debido a que los materiales se empiezan a degradar mediante un proceso de putrefacción. Presencia de moscas.	Balacear la mezcla con material seco como aserrín, hojarasca, papel o cualquier material seco. Aumentar la frecuencia de volteo.
Contenido de humedad menor a 45 %	Hace que se detenga el proceso de degradación.	Regar con agua hasta llegar a la humedad adecuada.

AIREACIÓN

Es uno de los parámetros más importantes dado que como se ha mencionado anteriormente, el compostaje es un proceso aeróbico (presencia de aire), necesario para los procesos metabólicos de los microorganismos. El suministro continuo y homogéneo de oxígeno a través de la mezcla de residuos asegura la actividad de los microorganismos y por tanto, un buen proceso de degradación.

Un déficit de oxígeno puede acarrear problemas de putrefacción, se detiene el proceso de degradación y se obtiene un producto de menor calidad.

En pilas siempre debe existir como mínimo entre 5% y 10% de concentración de oxígeno.

El volteo depende del contenido de humedad de la mezcla, si la mezcla está muy húmeda se debe aumentar la frecuencia de volteo.

El volteo también se realiza para bajar temperatura, y evitar así pérdidas de nitrógeno.

A medida que aumenta la temperatura de la pila, aumenta el consumo de oxígeno.

TAMAÑO DE LA PILA

El tamaño de la pila afecta el contenido de oxígeno y la temperatura.

- * Pilas pequeñas mantienen mayor concentración de oxígeno que pilas grandes.
- * Pilas grandes mantienen mayor temperatura que pilas pequeñas.



Imagen 15. Altura adecuada de la pila para que alcance temperatura



Imagen 16. Volteo mecánico con minicargador, planta de compostaje Universidad Nacional



Imagen 17. Volteo con volteadora anclada a tractor planta Ibicol, Tocancipá-Cundinamarca. **Imagen 18.** Volteo de caneca utilizada para compostaje.

Durante el proceso de maduración no deben hacerse aportes adicionales de oxígeno, ya que una excesiva aireación podría dar lugar a consumo de compuestos húmicos formados y a una rápida mineralización de los mismos.

Tabla 009. Problemas más comunes relacionados con la aireación y el volteo, y su solución.

Problema	Causa	Solución
Aireación insuficiente	Sustitución de los microorganismos aerobios por anaerobios, se retrasa el proceso de descomposición, aparición de sulfuro de hidrógeno y producción de malos olores.	Realizar volteos. Utilizar material con mayor tamaño de partícula, que proporcione estructura (evitar compactación). Hacer canal interno de aireación a la pila. Insertar Tubos de pvc perforados en la masa del compostaje para aumentar la aireación.
El exceso de aireación	Enfriamiento de la masa y una alta desecación, con la consiguiente reducción de la actividad metabólica de los microorganismos y retardo o detención del proceso.	Disminuir los volteos de la pila. Balancear la humedad.

MEDICIÓN

El oxígeno dentro de la mezcla o la pila solo puede ser medido mediante sensores especializados los cuales dan el porcentaje de oxígeno dentro de las pilas.



Imagen 19. Sensor de dióxido de carbono que se utiliza para saber el porcentaje de oxígeno dentro de la pila, planta Ibicol, Tocancipá.

TAMAÑO DE LOS RESIDUOS EN LA MASA DE COMPOSTAJE

Corresponde al espacio que dejan los residuos dentro de la mezcla, la porosidad está estrictamente relacionada con la aireación dentro de la pila, es decir, con el paso del aire a través de los residuos y la velocidad de descomposición.

A mayor porosidad mayor degradación de los residuos, a menor porosidad (apelmazamiento), el tiempo de descomposición se hace más lento y se pueden producir olores desagradables.

La molienda de los materiales agrícolas acelera el proceso de descomposición porque expone una mayor área superficial a la actividad de los microorganismos. La reducción de tamaño es necesaria para aquellos materiales maderosos como ramas, las cuales se descomponen lentamente.

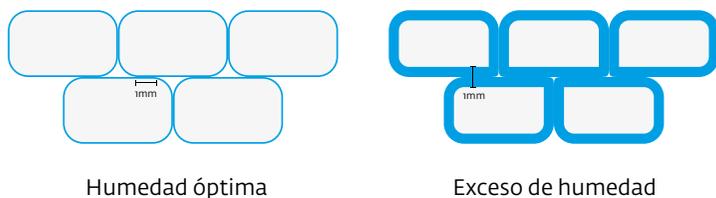


Imagen 20. Relación de humedad en la mezcla.

El tamaño de partícula debe estar entre 5 y 10 cm. Cuando el material está muy grueso se puede picar, teniendo en cuenta que partículas con tamaños inferiores a los mencionados pueden dar lugar a compactación de la mezcla, impidiendo que el aire circule a través de los residuos; ocasionando problemas de apelmazamiento, condiciones anaerobias, disminución de la velocidad de degradación y malos olores.

RELACIÓN CARBONO-NITRÓGENO

Es la relación que se presenta entre el carbono con respecto al nitrógeno en los residuos orgánicos, todos los residuos tienen relaciones

distintas, por eso es importante mezclar diversos materiales para llegar a la relación adecuada. La relación con la que se han encontrado mejores resultados en el proceso de degradación de los residuos orgánicos es de 30/1 (30 Carbonos por cada Nitrógeno) en la mezcla final, cuando se mezclan materiales diversos puede que la relación no de exactamente este valor, pero sus valores deben estar en rangos cercanos. Esta relación es importante ya que ayuda a descomponer más rápidamente los residuos, evita que se produzcan olores desagradables y la calidad del producto final aumente.

Importancia del Carbono: es la fuente de energía para los microorganismos, el carbono se puede encontrar en residuos con altos contenidos de carbohidratos, generalmente se asocian con materiales de color café o amarillo, entre estos están aserrín, hojarasca, cascarilla de arroz, paja, papel, etc.

Importancia del Nitrógeno: Es el componente de las proteínas y está relacionado con la reproducción de los microorganismos en el compostaje, a mayor cantidad de microorganismos, más rápido el proceso de degradación.

Tabla 010. Problemas más comunes relacionados con la relación Carbono Nitrógeno en la masa de compostaje y su solución.

Problema	Causa	Solución
Relación C/N >30/1	La actividad de los microorganismos disminuye, debido a la deficiente disponibilidad de Nitrógeno para su reproducción.	Añadir a la mezcla material rico en nitrógeno como estiércol, residuos crudos de cocina, restos de leguminosas.
Relación C/N < 30/1	El exceso de nitrógeno se pierde como amoníaco lo que genera contaminación y producción de malos olores.	Añadir a la mezcla material rico en carbono como hojas secas, ramas, viruta de madera, entre otros.

Tabla 011. Relaciones Carbono-Nitrógeno de diversos materiales utilizados para producción de abonos orgánicos.

Materiales con alta relación C/N > 40		Materiales con baja relación C/N < 25		Materiales con relación C/N óptima entre 25-40	
Hojarasca	80-250:1	Restos vegetales	15-20:1	Hojas de frijol	27:1
Hierba recién cortada	43:1	Cereza de café	20:1	Estiércol ovino y caprino	32:1
Paja	40-100:1	Hierba	15-25:1	Hojas de plátano	5-25:1
Aserrín	100-500:1	Estiércoles	5-25:1	Hojas de café	15:1
Corteza	100-130:1	Residuos cocina crudos	15:1	Restos de poda	19:1
Papel mezclado	150-200:1	Estiércol de vaca	19:1	Restos de hortalizas	37:1
Cartón	560:1	Gallinaza	7:1	Acículas de pino	32:1
Cascarilla de arroz	66:1	Camas de gallinaza	18:1	Cuncho de Café	30/1
Bagazo de caña	104:1	Porquinaza	10:1		
Mazorca de maíz	117:1	Equinaza	11/1		
Hierbas secas	80:1	Lavaza	16/1		

Para garantizar una relación C/N adecuada es necesario mezclar en correctas proporciones residuos orgánicos ricos en C y ricos en N, teniendo en cuenta la relación C/N de cada uno de los residuos que se muestra en la anterior tabla.

Para lograr una relación C/N ideal se deben mezclar siempre residuos orgánicos con relación C/N alta, con residuos orgánicos de relación C/N baja.

| 59 |

Ejemplos de mezclas con relación C/N de 30/1 para zona urbana y rural

Tabla 012. Mezcla para compost urbano (150 kg)

Ingredientes	% Humedad	Peso (kg)	%C	%N	Resultado Mezcla relación C/N
Residuos Crudos	59,70	20	14,36	0,93	30/1
Pasto	19,43	2	30,94	1,69	
Hojarasca	16,00	20	61,12	0,24	

Tabla 013. Mezcla para compost rural (200 kg)

Ingredientes	% Humedad	Peso (kg)	%C	%N	Resultado Mezcla Relación C/N
Residuos Crudos	59,7	15	14,36	0,93	30/1
Hojarasca y residuos secos	16,0	20	61,12	1,61	
Estiércol de vaca	81,4	2,5	47,50	2,50	

pH

Tiene una influencia directa en el compostaje debido a su acción sobre la dinámica de los procesos microbianos. El pH afecta la disponibilidad de nutrientes para el crecimiento de las plantas, cuyo crecimiento y desarrollo se pueden ver reducidos bajo condiciones de acidez y basicidad extrema, de ahí la importancia del control del proceso para lograr en el compost maduro valores cercanos a la neutralidad, es decir, con pH cercano a 7.

Un factor a tener en cuenta es que algunas materias primas pueden aumentar el pH (residuos del procesamiento de papel, cenizas), y otras disminuirlo (residuos de comida). Por otro lado, la producción de ácidos orgánicos y las condiciones anaeróbicas (ausencia de aire) pueden producir $pH < 4,5$ limitando la actividad microbiana.

MEDICIÓN

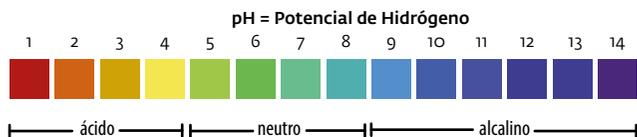


Imagen 21. Gama de colores pH.

La medición de este parámetro se puede hacer mediante cintas de papel tornasol, esta es una tecnología de bajo costo, que puede ser utilizada por cualquier persona. El procedimiento para

medir este parámetro es poner la cinta humedecida sobre los residuos o sobre el material ya degradado. La forma de leer el resultado se muestra en la imagen 21 Gama de colores pH

Para procesos más tecnificados lo mejor es contar con un pH metro digital para suelos, que se introduce en la mezcla y da el valor de pH.



Imagen 22. Medición de pH, planta de compostaje Universidad Nacional

El pH es una medida del correcto avance del proceso

Como se observa en la Tabla 004, sobre las fases del proceso de compostaje, el pH debe presentar unas variaciones esperadas, empezando por un proceso de acidificación en la fase mesofílica, posteriormente un aumento del pH hasta el rango básico de 8 a 8,5, y posteriormente una disminución, alcanzando valores cercanos a la neutralidad, pH de 7.



Un compostaje con la aireación adecuada

Conduce a productos finales con un pH entre 7 y 8, valores más bajos son indicativos de fenómenos anaerobios y de que el material aún no está maduro. Si en algún momento hay insuficiente aireación, se liberan ácidos orgánicos que provocan descenso del pH.



Efecto de la relación C/N en el pH

El exceso de nitrógeno puede provocar aumento excesivo del pH, y a su vez, el exceso de carbono proveniente de residuos de frutas, provocando liberación de ácidos orgánicos y acidificación del medio.

La acidez excesiva del proceso de compostaje puede provocar proliferación de moscas y malos olores, es necesario evitar esta condición mediante una relación C/N, aireación y humedad adecuadas.

7. TÉCNICAS PARA REALIZAR COMPOSTAJE

Los factores clave para decidir una técnica de compostaje son:

- Tiempo de degradación.
- Requisitos de espacio.
- Controles técnicos del proceso.
- Residuos con los que se cuenta.
- Condiciones climáticas del lugar.
- Costos de operación.
- Disponibilidad de tiempo para las actividades del proceso.

Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes o bajo techo.

SISTEMAS CERRADOS (COMPOSTADORES) pequeña escala

Las técnicas de compostaje en contenedores ha sido ampliamente usada a nivel mundial para compostaje doméstico, ya que presenta una serie

de ventajas que favorecen su aplicación: evita la acumulación de agua por lluvia; facilita la extracción de lixiviado; controla la proliferación de vectores (roedores y aves); evita el acceso al material en descomposición y es de fácil manejo.

Sin embargo, la calidad de los productos obtenidos, tiempo de degradación de los residuos y control de los parámetros técnicos, pueden ser menores si no se consideran las variables a tener en cuenta durante el proceso.

Existen numerosos materiales disponibles para usar como recipientes de compost, aunque predominan dos modalidades básicas de disposición del recipiente: vertical (o continuo/estático) y horizontal (o discontinuo/dinámico).

En la disposición vertical el recipiente descansa sobre su base. El material fresco se añade por la parte superior y el material compostado se extrae en la parte inferior. Se le llama continuo porque el material fresco entra de forma continua y el producto compostado sale también permanentemente por la parte inferior -si el recipiente está diseñado para que haya que voltearlo para extraer el material, entonces es una compostera discontinua, por cargas- (FAO,2013).

Entre las ventajas de este sistema se evidencia que es fácil de manipular, necesita poca inversión, adecuado para áreas pequeñas y se tiene un mejor

control de los lixiviados; y su principal desventaja es que se necesita un área destinada al volteo.



Imagen 23. Degradación de residuos orgánicos dentro del compostador.

Se puede mezclar el material dentro del recipiente usando una barra, pero el resultado es heterogéneo y hay riesgos de crear bolsas anaeróbicas y que el material no llegue a la temperatura de higienización (termofílica); tiende a la compactación y por tanto la distribución de la humedad no es uniforme, secándose más rápidamente la parte superior. Sin embargo hay composteras de bajo costo que pueden cumplir con los parámetros técnicos exigidos

Compostadores y lombricompostadores artesanales para compostaje y lombricultura.



Imagen 24. Caneca perforada para permitir aireación en la mezcla, tubos superiores para permitir la salida de gases.

Imagen 25. Compostadores continuos



Imagen 26. Lombricompostadores continuos elaborados con materiales de bajo costo, en la parte inferior se observa mecanismo para recolección de lixiviados.

La disposición horizontal, es aquella en la que el recipiente descansa sobre su eje longitudinal. Se le llama discontinuo porque es un proceso –por cargas–: una vez que se carga la compostera, se debe dejar que el proceso de compostaje finalice para extraer el material antes de introducir una nueva carga.



Imagen 27. Miguel Sánchez, localidad de Bosa, mecanismo de volteo de un compostador continuo. **Imagen 28.** Se observa como se recoge el material degradado en la parte inferior del lombricompostador.

Como ventaja, este sistema tiene una mejor distribución de la humedad y de la compactación debido a su facilidad para el volteo (manivela), obteniéndose un producto homogéneo.

Prototipos ensayados por la Universidad Nacional en el marco del contrato interadministrativo.



Imagen 29. Foto Anaís Muñoz, zona rural Localidad de Ciudad Bolívar.



Imagen 30. Compostador y lombricompostador para hacer compostaje y lombricultura suministrados en el marco del contrato.

Tabla 014. Ventajas y desventajas de los sistemas cerrados horizontal y vertical.

Tipo de compostador	Humedad	Compactación	Volteo	Calidad
Horizontal o discontinuo	Fácil control	No se compacta	Sencillo	Mayor
Vertical o continuo	Difícil control	Se compacta	Complejo	Menor

Adaptado de (FAO, 2013)

SISTEMAS ABIERTOS O EN PILAS

En función del manejo de las pilas en planta (espacio, tecnificación, tiempo de retención), existe una amplia variedad de formación de pilas, variando así el volumen de estas, su forma, la disposición y el espacio entre ellas.

Cuando hay una cantidad abundante y variada de residuos orgánicos (sobre 1m³ o superior), se puede llevar a cabo este tipo de compostaje.



Imagen 31. Pilas de compostaje Universidad Nacional, se insertan tubos de PVC para mejorar la aireación. **Imagen 32.** Pila de compostaje planta Ibcól, Tocancipá Cundinamarca



Imagen 33. Pila de compostaje Planta de procesamiento Agraris, Villanueva, Casanare

PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE COMPOST

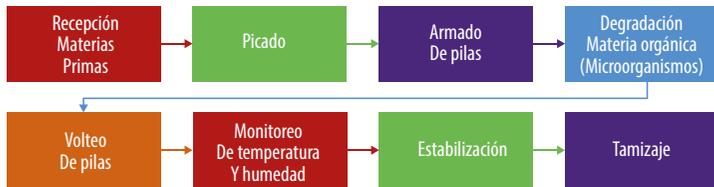


Imagen 34. Organigrama del proceso de compostaje.

Separación en la fuente de los residuos orgánicos

Separar los residuos orgánicos de los que no lo son (ver capítulo de separación en la fuente).

Acondicionamiento de los residuos

Picar los residuos hasta obtener un tamaño entre 5 y 10 cm, no más pequeño ya que causaría problemas de aireación en la pila.

Realización de la mezcla

Es necesario hacer un pesaje de los residuos para conocer el peso, de un volumen determinado (ej: peso de un balde de residuos crudos), y así determinar el número de baldes necesarios de estos residuos a utilizar para la realización de la mezcla en las proporciones adecuadas.

Realizar la mezcla con materiales que tenga al alcance, adicionar materiales carbonados y nitrogenados hasta obtener la relación carbono-nitrógeno adecuada 30/1.



Imagen 35. Alberto Caballero realizando el pesaje de residuos para hacer la mezcla. Localidad de Chapinero.



Imágenes 36, 37 y 38. Residuos para la preparación de la mezcla. (Residuos crudos, pasto, aserrín)



Imagen 39. Preparación de la mezcla

Humedad de la mezcla:

Humedecer la mezcla hasta obtener la humedad entre el 45 y 60%. Es deseable que la pila tenga una humedad cercana al 60% ya que así se activa más rápido el proceso de degradación.



Imagen 40. Riego de la mezcla. **Imagen 41.** Comprobación humedad adecuada mediante la prueba de puño

Aplicación de Microorganismos:

Humedecer la mezcla con el preparado de microorganismos eficientes, en la dilución 1 L de preparado por 20 L de agua.



Imágenes 42 y 43. Microorganismos eficientes para regar en las pilas de compostaje.

Esta aplicación debe hacerse al principio durante la realización de la mezcla y en cada volteo, para incrementar la velocidad de producción del abono y evitar pérdidas de su calidad.

Volteo:

Es necesario garantizar la aireación de la mezcla realizando volteos, lo ideal es realizarlos una vez al día, pero si no se cuenta con el tiempo se deben voltear por lo menos dos veces a la semana, moviendo las pilas de un lugar a otro, mezclando y descompactando su contenido.

En el caso de composteras de tambor giratorio, se debe mover la palanca hasta garantizar el giro completo del tambor varias veces. El giro y el sistema de aspas internas rompen agregados y descompactan el material y el sistema de orificios laterales permiten la entrada de aire al sistema.

Monitoreo de temperatura, humedad y pH

Se debe revisar y verificar diariamente la temperatura del compost, usando un termómetro para compostaje o una varilla metálica. También se debe hacer seguimiento de la humedad de la mezcla mediante la prueba de puño. Es ideal registros para observar como se ha dado el proceso de degradación.

TIEMPO PARA OBTENER COMPOST MADURO

El tiempo requerido para obtener un compost maduro varía de acuerdo a las condiciones ambientales y al manejo dado del sistema de compostaje, el rango de tiempo está entre 1 a 6 meses. Los tiempos de degradación se reducen teniendo en cuenta todos los parámetros descritos anteriormente, con la implementación de volteos más frecuentes y aplicación de microorganismos eficientes -su obtención, multiplicación y aplicación se explica al finalizar el capítulo.

Tabla 015. Características para evaluar un compost maduro.

Características Físicas	
Olor	El olor debe ser agradable (como a tierra de bosque), no se debe percibir ningún olor que de indicios de los materiales iniciales.
Color	El compost debe oscurecer con la madurez, llegando a un color café oscuro o negro.
Textura	Esponjosa
Humedad	Humedad 30-35%. Cuando el proceso termina el compostaje, este debe ser capaz de retener su peso en gua, es decir a un kilo de compost agregar un litro de agua y este debe ser capaz de retenerlo.
Características Químicas	
pH	Debe estar entre 7 y 8
Relación C/N	10-12
Temperatura	Debe descender a temperatura ambiente, una forma de saber si el compost termino es hacer la prueba de Jarra, consiste en ponerle un litro de agua a un kilo de compost y dejarlo 24 horas, pasado este tiempo debo verificar si la temperatura aumento, de ser así, el compost esta inmaduro y le falta degradación.

Además, es conveniente realizar pruebas fitosanitarias preferiblemente con plantas de crecimiento rápido como gramíneas (arveja, frijol) y se debe evaluar el porcentaje de germinación. Si el porcentaje es inferior al 50% quiere decir que hay problemas con el compost y hay que revisar cada uno de los pasos del proceso.

Almacenamiento del compost

Después de su cosecha el compost debe extenderse sobre un plástico y dejarse allí hasta que la humedad disminuya hasta el 30%, posteriormente debe pasarse a través de una malla o

tamiz, esto con el fin de retirar partículas extrañas y materiales que no alcanzaron a ser degradados. Este remanente puede volver a ser introducido durante un nuevo proceso.

| 76 |

Para saber que el compost está al 30% se debe realizar la prueba de puño, al hacer la prueba, el material no debe escurrir y ya no se debe formar ningún agregado, el material se debe sentir húmedo en la mano.

Tamizaje del compost para eliminación de partículas grandes.



Imagen 44. Tamizaje de compost a través de zaranda.

Posteriormente el compost se empaca en sacos que tengan buena aireación, pero que garanticen el porcentaje de humedad de 30%

que favorezca la actividad microbiana de la cual depende la calidad del compost. Para esto se coloca en doble bolsa, una plástica interna y otra de fibra plástica externa.

| 77 |



Imagen 45. Empaque del compost planta Ibicol Tocancipá, Cundinamarca.



8. LOMBRICULTURA

| 79 |

Función ecológica de la lombriz

Participan en la degradación y mineralización de la materia orgánica del suelo (se les atribuye un 20 % del total) reciclando las hojas muertas y otros materiales orgánicos para convertirlos en nutrientes que pueden utilizar las plantas y árboles; además, en el desplazamiento que realizan remueven la tierra y airean el suelo.

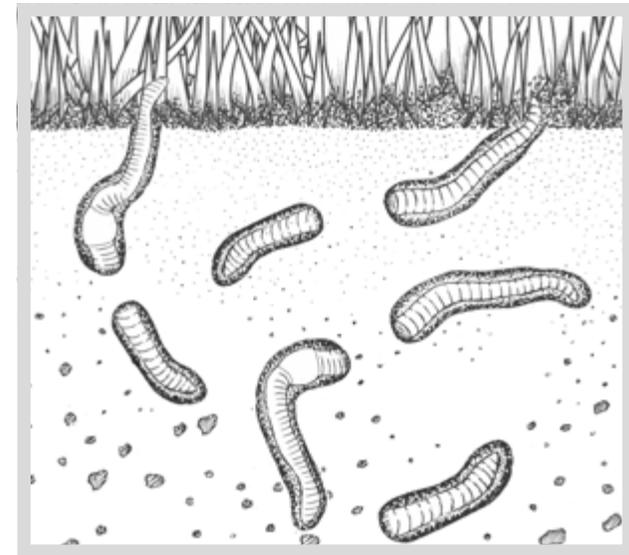


Imagen 46. Papel de la lombriz en los ecosistemas.

Las lombrices de tierra son de una gran importancia, porque con su actividad cavadora de tierra, participan en la fertilización, aireación y formación del suelo. La lombriz en su estado natural tiene gran participación en la fertilidad del suelo, por su efecto marcado sobre la estructuración del mismo (turrículos).

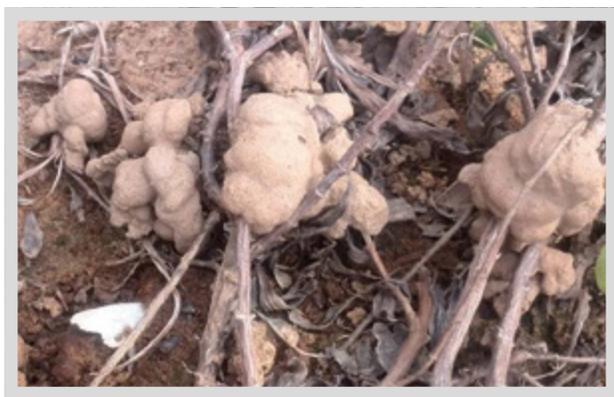


Imagen 47. Turrículos hechos por lombrices

Definición de lombricultura

Es un proceso similar al compostaje donde en adición a las bacterias y otros microorganismos, el sistema digestivo de la lombriz juega un papel importante, transformando los residuos orgánicos en abonos de excelente calidad debido a los microorganismos benéficos que le aporta al suelo.

La lombricultura es la utilización de lombrices para compostar residuos orgánicos. Es un proceso aerobio en el que las lombrices, con ayuda

de los microorganismos, transforman la materia orgánica en compuestos más simples (Román *et al.*, 2013), este es un producto estable donde se encuentran nutrientes disponibles para las plantas y gran cantidad de microorganismos benéficos que estimulan el desarrollo y la sanidad de los cultivos.

Durante el proceso de producción de lombricompost se solubilizan muchos minerales, de manera que quedan disponibles para ser tomados por las plantas.

Especies de lombriz cultivables

En el mundo existen cientos de especies de lombrices que degradan residuos orgánicos, pero la mayoría de ellas viven en estados silvestres, como la lombriz de campo (*Allolobophora caliginosa*) y las lombrices nocturnas (*Lumbricus terrestris*), mientras que hay otras cuyo comportamiento y requerimientos ambientales permiten que sean cultivadas, como la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), la lombriz roja (*Lumbricus rubellus*), la lombriz nocturna europea (*Dendrobaena veneta* o *Eisenia hortensis*), estas últimas son producidas comercialmente y son usadas ampliamente en la mayoría de los climas debido a su tolerancia a diferentes rangos de temperatura y humedad (FAO, 2013).

Para la obtención de lombricompost, la especie de lombriz que comercialmente más se emplea es *Eisenia foetida* conocida comúnmente como lombriz roja californiana.

PHYLUM ANNELIDA
CLASE OLIGOCHAETA

Morfología externa de la lombriz de tierra

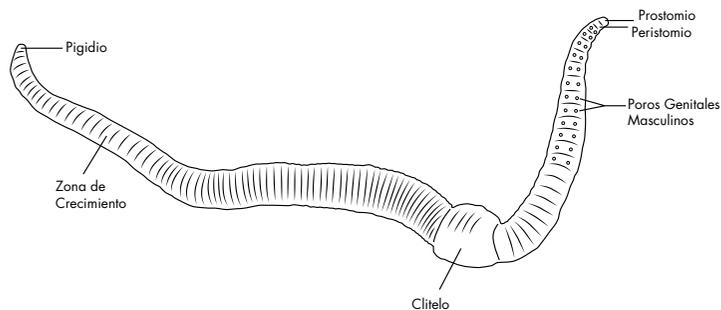


Imagen 48. Partes de la lombriz roja californiana.

Objetivos de la lombricultura

Se presenta como una alternativa viable para el manejo ecológico de sistemas agropecuarios, pues permite reciclar residuos orgánicos, que generalmente se disponen inadecuadamente y producen problemas ambientales.

Se disminuye la contaminación ambiental, al reducir el uso de fertilizantes químicos en los cultivos, mantener la fertilidad natural de los suelos y minimizar el desarrollo de nuevos basureros y vertederos (Ndegwa y Thompson, 2001).

Beneficios del lombricompost

- El lombricompost cumple un papel importante cuando es incorporado en el suelo debido a que adiciona materia orgánica estabilizada a éste.
- Mejora la estructura del suelo debido a que contribuye en la agregación de los materiales arenosos y mejora la porosidad de los arcillosos.
- Aumenta la porosidad del suelo: esto mejora la aireación, permeabilidad y drenaje de los suelos.
- Contiene enzimas y metabolitos que participan en la transformación de la materia orgánica (Román *et al* 2013).
- Aumenta la retención de agua: el lombricompost puede retener su propio peso en agua, es decir, un kilogramo de lombricompost puede retener un litro de agua (Román *et al* 2013).
- Mejora el estado biológico del suelo debido a que contiene una gran riqueza de microorganismos benéficos (Edwards *et al* 2011).
- Mejora la eficiencia de las fertilizaciones químicas porque ayuda a retener los nutrientes para que éstos no se pierdan a través de lavado o lixiviación.

- El lombricompost contiene hormonas, enzimas y otros metabolitos que estimulan el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas (Román *et al* 2013).
- Es una fuente balanceada de nutrientes para las plantas, por lo que es poco probable que un exceso en la fertilización pueda causar intoxicaciones a las plantas.
- Las lombrices actúan como vectores que dispersan microorganismos benéficos en el suelo que suprimen el desarrollo de aquellos que pueden causar enfermedades a las plantas (Edwards *et al* 2011).
- Provee de nutrientes a las plantas en el corto, mediano y largo plazo.
- Es una fuente de nutrientes de acción prolongada debido a que va liberando los nutrientes a medida que se degrada en el suelo.
- Aumenta la capacidad de las plantas de resistir y tolerar ataques de patógenos y plagas debido a que se encuentran en buen estado nutricional (Edwards *et al*, 2011).
- Estimula la germinación de las semillas y el desarrollo de plántulas debido a la presencia de hormonas vegetales naturales.
- Retiene nutrientes intercambiables y en forma de complejos orgánico minerales.

- Libera nutrientes por mineralización de iones nitrógeno, fósforo y azufre, disponibles para la nutrición del cultivo.
- Absorbe pesticidas, impidiendo su llegada a los cuerpos de agua.

Ventajas de la lombricultura vs el compostaje

- Demanda menos mano de obra que el compostaje.
- La infraestructura y controles técnicos al proceso son menores que en el compostaje.
- Los costos del proceso son inferiores en el lombricultivo debido a que no se requiere de maquinaria y mano de obra para realizar los volteos al material, ya que las lombrices se encargan de mover los residuos y airear la mezcla.
- En el lombricompostaje no se pierden nutrientes durante un proceso prolongado, como sí puede suceder con los procesos de compostaje.
- El abono resultante tiene mejor calidad que el compostaje, debido a la gran cantidad de microorganismos benéficos que aporta la lombriz.
- De la lombricultura se obtienen abono sólido, líquido y pie de cría, por son

tres productos para uso doméstico y/o comercialización.

Generalidades de la lombriz roja californiana

| 86 |



Imagen 49. Lombriz roja californiana.

- Es de color rojo.
- La presencia de clitelo (un anillo más grueso que los otros) indica su madurez sexual.
- Su cola es achatada, de color amarillo.
- Mide aproximadamente de 8 a 10 cm en su edad adulta.
- Son muy resistentes a condiciones adversas del medio.
- Consumen aproximadamente su propio peso diariamente.
- Requiere para su alimentación de altas concentraciones de materia orgánica.
- Excretan el 60 % de lo que consumen en forma de lombricompost.

- A las lombrices NO les gusta la luz, es por eso que siempre deben estar en condiciones de oscuridad.
- Su aparato respiratorio es primitivo. “Respiran” a través de su piel. No tienen pulmones, por eso es necesario tener un porcentaje de humedad adecuado, entre 70 y 80 %.
- Los sistemas, nervioso, circulatorio y excretor, están repartidos en los diferentes anillos.
- Son ciegas, tienen cerebro, músculos e intestino, 5 corazones y 6 pares de riñones.
- Su capacidad reproductiva es muy elevada, la población puede duplicarse cada 45-60 días.

| 87 |

Reproducción

El cuerpo de la lombriz parece una cadena formada de anillos, destacándose un anillo más grande, que contiene los órganos reproductivos, denominado clitelo. La lombriz es hermafrodita, es decir que en un mismo individuo tiene los dos sexos, pero para la reproducción se requiere de dos individuos. La fertilización es cruzada, se realiza por la unión de los clitelos de dos lombrices, donde se realiza la cópula, cada 7-10 días. Los dos individuos quedan fecundados y producen huevos, llamados cocones, o capullos. Los huevos tienen forma de limón y apariencia amarilla transparente

al inicio, siendo más café a medida que progresa el desarrollo de la lombriz.

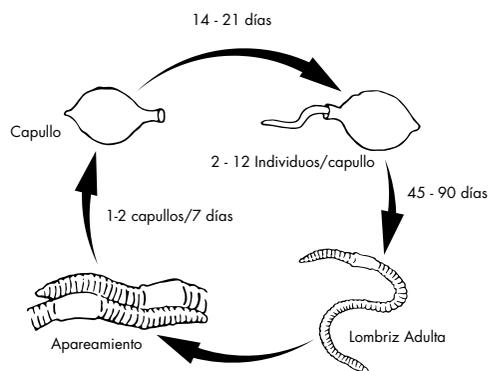


Imagen 50. Desarrollo reproductivo de la lombriz.

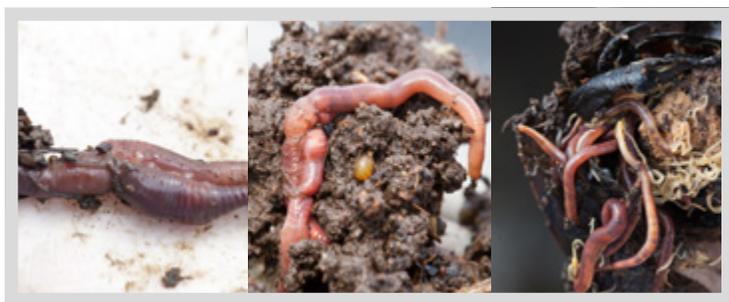


Imagen 51. Cópula de las lombrices. **Imagen 52.** Lombrices adultas y huevos de lombriz. **Imagen 53.** Lombrices pequeñas.

Los capullos son visibles a simple vista. Cada capullo contiene de 2 a 12 lombrices que emergen a los 21 días de ser depositadas. La lombriz recién eclosionada mide 1mm de longitud.

Los individuos juveniles inician el periodo reproductivo a los 3-4 meses, cuando pasan a ser adultos y están sexualmente maduros. Para este momento alcanzan más o menos 3 cm. Finalmente a los 7 meses, alcanzan su peso y tamaño final de 1 g y 7-8 cm de largo. Viven en promedio 10 años. (FAO 2013)

Tabla 016. Parámetros a tener en cuenta en lombricultura.

Parámetro	Rango
Temperatura	De 10 a 25°C, teniendo cuidado de que no descienda por debajo de 7 °C y no supere los 35°C (Román <i>et al</i> 2013).
Humedad	Entre 70 y 80%, Humedades inferiores pueden dificultar el movimiento de las lombrices en el lombricultivo y muerte debido a la dificultad de obtener el oxígeno del agua; humedades superiores pueden ahogar a las lombrices debido a que ellas respiran por la piel, además de la posible atracción de vectores (moscas).
pH	Entre 6,5 y 7,5. Valores de pH por debajo de 4,5 y por encima de 8,5 pueden causar la muerte del lombricultivo. Es importante verificar el pH del alimento antes de suministrarlo a la lombriz.
Luminosidad	Las lombrices son fotosensibles, por lo tanto se debe mantener el lombricultivo protegido de los rayos directos del sol, ya que condiciones de exposición directa pueden matar a la lombriz.
Relación C:N	La relación inicial de los residuos debe ser de 30:1
Salinidad	Debe estar por debajo de 0,5 % (Edwards <i>et al</i> 2011). Es importante conocer el origen del alimento del lombricultivo debido a que los residuos pueden contener altos contenidos de sal que pueden afectar el desarrollo de las lombrices.
Contenido de amonio	Se recomienda que el contenido de amonio se mantenga por debajo de 0,5 mg/g (García y Solano, 2005). Una dieta rica en nitrógeno puede causar "gozzo ácido", también síndrome proteico, enfermedad que puede matar a las lombrices.

(Adaptado Ndegwa y Thompson, 2001):

MEDICIÓN DE PARÁMETROS

Humedad

Debe ser mayor que en el compostaje entre 70 y 80%. Este es el parámetro más importante para ser medido diariamente, para el monitoreo se puede usar un sensor de humedad digital o medición de forma artesanal (prueba de puño).

Regar con agua lluvia o reposada, ya que el agua potable puede afectar las poblaciones de microorganismos por los altos contenidos de cloro.

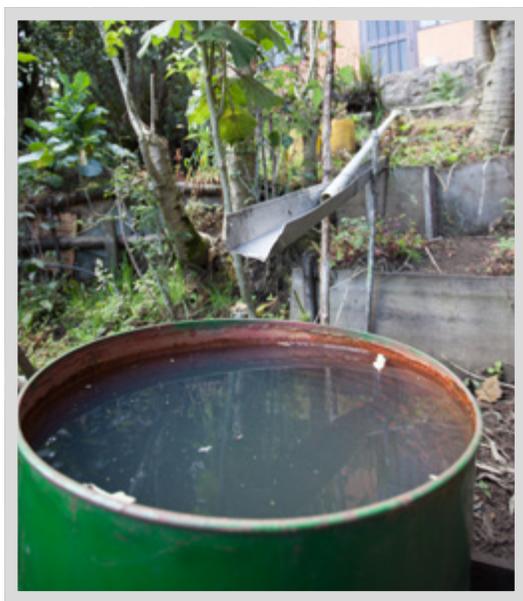


Imagen 54. Sistema de captación de aguas lluvias mediante canal para riego de camas de lombricultura. Barrio Bellavista.

pH

Este se parámetro se puede medir mediante un pH-metro digital o con cintas de papel indicador, el pH en lombricultura es importante, ya que pH ácido puede afectar a las lombrices y atraer vectores (roedores y moscas).

Alimentación de la lombriz

La lombriz roja californiana requiere de altas concentraciones de materia orgánica para alimentarse, pueden consumir prácticamente todos los tipos de materia orgánica, pudiendo ser ésta de origen orgánico vegetal, animal o mixto, fresco o en diferentes estados de descomposición. La lombriz puede llegar a ingerir diariamente su propio peso en alimento, es decir, 1 kilogramo de lombrices pueden consumir 1 kilogramo de residuos cada día (Román *et al* 2013).



Imagen 55. Cascaras de frutas y verduras para alimentación de lombrices.

Dentro de los alimentos que se pueden ofrecer a las lombrices tenemos los estiércoles preferiblemente de caballo o vaca, papeles sin tinta (o con tintas ecológicas), cartón sin pintura, frutas, vegetales, cáscara de huevo, poda o corte de pasto, pulpa de café, granos, cereales, residuos de cosecha, paja, etc.

Consideraciones adicionales a tener en cuenta

Las lombrices pueden consumir TODAS las frutas incluso cítricos, papaya, papayuela, sin embargo el exceso de ellos si puede causar daño a las lombrices, para evitar esto se debe tener en cuenta que la mezcla inicial tenga la relación carbono nitrógeno adecuada y el pH esté dentro de los rangos anteriormente mencionados.

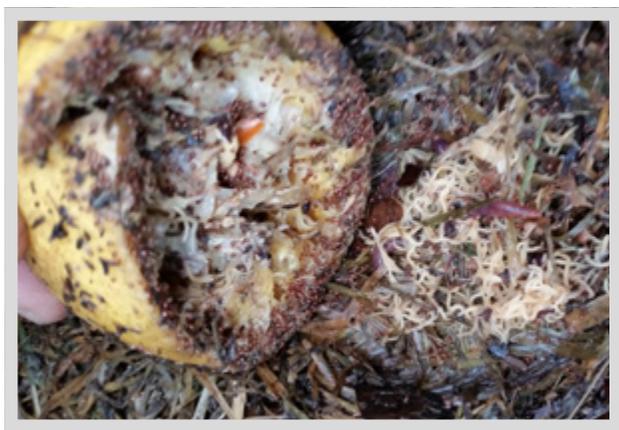


Imagen 56. Lombrices comiendo cáscara de naranja.

Precompostaje

Es la acción de pasar por un proceso previo de degradación los residuos, antes de suministrarlos a las lombrices, ya que muchos residuos tienen altos contenidos de ácidos orgánicos y otras sustancias que pueden llegar a ser perjudiciales, se recomienda realizar esta práctica para homogenizar la mezcla y alcanzar los valores de pH adecuados.

Cuando se desconoce la procedencia de los residuos o se están manejando estiércoles, es aconsejable que la mezcla alcance la fase termofílica (55°C), para destrucción de microorganismos patógenos.



9. MANEJO DEL LOMBRICULTIVO

| 95 |

Pie de Cría de lombriz

El pie de cría de las lombrices se puede obtener comercialmente, o a través de la cosecha de las lombrices a partir de las camas del lombricultivo. Las cantidades recomendadas son un kilogramo de pie de cría por metro cuadrado de lombricultivo (Román *et al* 2013).



Imagen 57. Pie de cría de lombriz roja californiana, en la foto se observan huevos y lombrices pequeñas.

Es importante verificar la calidad del pie de cría. Los aspectos a tener en cuenta al momento de seleccionar el pie de cría son:

Tabla 017. Características que debe tener el pie de cría de lombriz

Parámetro	Cualidades
Cantidad requerida	1 kilogramo por metro cuadrado
Cualidades	70 % lombrices (adultas, crías, huevos)+ 30 % sustrato
Número de individuos	Mínimo 700 lombrices por kilogramo de pie de cría.
Desarrollo de las lombrices	El pie de cría debe contener lombrices de diferentes edades (adultas, jóvenes y huevos).
Estado de salud de las lombrices	Deben tener un color rojo oscuro iridiscente y brillante, moverse activamente, estar hidratadas.
Contenido de humedad	Entre un 70 - 80% de humedad.

LIXIVIADOS

Definición

Líquido sobrante proveniente de la labor de riego en las camas de lombricultura, este puede ser utilizado como biofertilizante, ya que posee una gran cantidad de microorganismos benéficos.

Para una mayor efectividad este líquido debe ser reutilizado varias veces para el riego, hasta obtener una textura un poco espesa y coloración oscura.



Imagen 58. Lixiviados provenientes de las camas de lombricultura de la Universidad Nacional.

MONTAJE DEL LOMBRICULTIVO

Es importante recordar que cualquier sistema que se implemente debe ubicarse en sitios con piso sólido, facilitar la recolección de lixiviados, estar protegido de la luz del sol, de la lluvia, de temperaturas extremas, así como de animales domésticos; debe ser un sitio con fácil acceso y tener un espacio adecuado para realizar las labores operativas del lombricultivo.

Para el establecimiento del lombricultivo deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Contenedor o cama: se caracterizan por ser recipientes abiertos para facilitar la alimentación de las lombrices y el monitoreo de las condiciones del lombricultivo. Los tamaños y materiales de estas estructuras son variables, empleándose para su construcción generalmente madera, ladrillos o concreto. Hay que tener en cuenta que el lombricompost en el contenedor no debe tener una profundidad mayor a 40 cm debido a que las lombrices no se desplazan más de esa profundidad (Schuldt *et al* 2007).



Imagen 59. Sara Cerón, asociación Ecobosques, Barrio bella vista (Tina utilizada como cama de lombricultura)



Imagen 60. Ramón, cama artesanal, asociación Asograng, barrio Guatiquia localidad de Ciudad Bolívar.



Imágenes 61 y 62. Profesor UN Jairo Cuervo construyendo lombricultivo con materiales reciclados. Barrio Caracolí, localidad de Ciudad Bolívar.



Imagen 63. Lombricultivo elaborado con materiales reciclados. Aasociación Ecobosques, barrio Bellavista, localidad Chapinero.

Preparación del lecho (primera cama)

El lecho es la estructura o sustrato inicial donde van a estar las lombrices, para su armado se necesita:

- Colocar una capa de estiércol fresco preferiblemente de caballo, con 5 días por lo menos en precompostaje.
- Colocar una capa de paja o pasto y revolver con el estiércol.



Imágenes 64, 65 y 66. Elaboración de un lecho para lombricultura.



Imagen 67. Verificar que la mezcla quedó con el porcentaje de humedad adecuado 60 – 70%



Imagen 68. Introducción de las lombrices dentro del lecho.

Preparación del alimento para las lombrices

Se pueden emplear diferentes tipos de residuos, dependiendo de la disponibilidad de materiales en la casa o finca:



Imagen 69. Residuos crudos. **Imagen 70.** Residuos secos.
Imagen 71. Pasto de corte. **Imagen 72.** Mezcla del material.



Imágenes 73 y 74. Verificación de la humedad adecuada de la mezcla.

Pre compostaje de los residuos

En un contenedor aparte se va poniendo a descomponer la mezcla. Se debe dejar degradar una semana y luego se les pasa a las lombrices



Imagen 75. Sistema de precompostaje, finca San Pedro, Verjón alto. Localidad de Chapinero.



Imagen 76. Aspecto de material precompostado

Prueba de alimentos con 50 lombrices: en una caja de 50 * 50 * 15 cm con orificios para drenaje se coloca el material precompostado en una capa de 5 cm, sobre la cual se colocan 50 lombrices, se riega con suficiente agua y se deja en un lugar oscuro por 24 horas, al cabo de las cuales se debe verificar que las lombrices han profundizado en el material y que se encuentran activas (García y Solano, 2005).

- Cuando se observe que las lombrices han consumido el alimento (se ve granulosa la parte superior del lombricultivo) es necesario colocar otra capa de 5 cm de alimento precompostado.

- Se repite esta acción hasta alcanzar la altura máxima del lombricultivo (se recomienda que no sea mayor a 60 cm).

Cosecha de lombrices

Cuando tenga una apariencia granulosa, de coloración negra, con olor a tierra, donde no se distingan los materiales originales con que se preparó la mezcla, la densidad de lombrices se ha duplicado y la altura del lecho ha superado los 60 cm de altura es el momento de retirar las lombrices y cosechar el lombricompost. Para ello se debe:

1

Suspender el riego y alimentación por cinco a diez días antes de la cosecha.

2

Se extiende sobre el lombricultivo una polisombra, malla o costal.

3

Sobre esta polisombra se coloca una capa de 5cm de alimento, preferiblemente frutas rociadas con melaza.

4

Al cabo de dos semanas pueden ser tomadas retirando la polisombra con el alimento que se colocó.

5

Estas lombrices con el alimento pueden ser colocadas en una nueva cama para continuar con el proceso.

6

Ir cosechando el lombricompost por capas, porque es posible que en el centro conserve humedad y aún hayan allí lombrices.

7

Reducir la humedad del material resultante al 30%.

8

Tamizar con zaranda de orificio no mayor a 1cm.

9

Empacado.



Imagen 77. Trampeo de lombrices en canastilla. **Imagen 78.** Trampeo de lombrices con lona, en la parte superior se encuentra el material fresco.

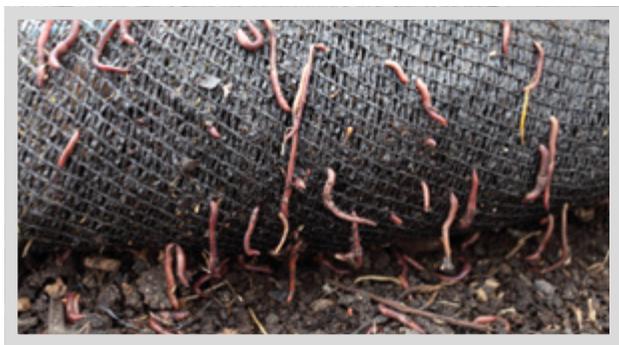


Imagen 79. Trampeo de lombrices mediante una lona, se pone material fresco en la parte de arriba para que suban las lombrices.

Extracción del lombricompost

Se reduce la humedad, debe estar cercana al 30%, una vez se ha cosechado el lombricompost es necesario pasarlo por un tamiz o zaranda cuyo tamaño de orificio no sea mayor a 1 cm. El material fino será el producto final, apto para su

uso o comercialización. El material grueso puede ser llevado al lombricultivo de nuevo.

El contenido de humedad del lombricompost no debe ser inferior al 30 % para garantizar su calidad microbiológica, pues a contenidos más bajos se reduce la supervivencia de los microorganismos benéficos y se vuelve difícil su rehidratación. A contenidos más altos se dificulta su manipulación.

Debe disponerse en empaques que permitan el intercambio gaseoso del lombricompost, sin que se vea favorecida su deshidratación.

Debe almacenarse en lugares secos, ventilados, al resguardo del sol, la lluvia y vectores, preferiblemente sobre estibas, para que no quede en contacto directo con el suelo y evitar que igualmente, quede en contacto con paredes o muros, esto con el fin de favorecer la ventilación de los sacos de lombricompost.

Empaque

- Se recoge el lombricompost, se lleva a área de secado, sobre un plástico.
- Bajar la humedad, se debe bajar la humedad al 30%.
- Zarandear.
- Empacar.
- Almacenamiento: en doble empaque para que no se pierda humedad.
- Almacenar.



10. SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

| 109 |

El lombricultivo puede establecerse en diversos sistemas, de acuerdo a las cantidades de residuos a aprovechar y del espacio disponible para ello, encontrándose entre los sistemas ampliamente utilizados los siguientes (Edwards, 2011):

- Sistemas de lombricompostaje abiertos:

Camas en el suelo de bajo costo: se basa en camas o pilas en el suelo que contienen materiales, tienen hasta 60 cm de profundidad.



Imagen 80. Sistema de lombricultura sobre el piso, finca San Pedro vereda Verjón alto. Localidad de Chapinero.

Camas levantadas que se alimentan frecuentemente: en este sistema las lombrices se encuentran confinadas en los 10 a 15 cm de la superficie de la cama. La eficiencia y tasa de procesamiento de residuos aumentan considerablemente cuando las camas son levantadas del suelo. Generalmente estos sistemas tienen adaptaciones para permitir la cosecha del lombricompost maduro en el fondo de la cama, mientras se van adicionando residuos por encima, de manera que es un sistema continuo que permite su mecanización y automatización de la cosecha del lombricompost.



Imágenes 81 y 82. Camas de lombricultura a mayor escala. Izq. Camas de lombricultura universidad nacional. Der. Camas de lombricultura en concreto.

- Camas en pila estilo cuña: los residuos son apilados y se van adicionando capas a un costado de la pila, de manera que la cama se va alargando. Son sistemas

recomendados para el tratamiento de estiércoles. No se recomienda que las pilas tengan más de 1 m de altura porque hay que tener en cuenta que las temperaturas pueden aumentar significativamente y ser peligrosas para las lombrices.

- Lombricompostaje en contenedores: es un sistema que se adapta a diferentes escalas, pues puede realizarse en pequeñas canecas o cajas, o en grandes contenedores.



Imagen 83. Sistema de compostaje, instalado en un conjunto residencial, barrio Entre Ríos. Localidad Barrios Unidos.

Cajas, canastillas o canecas: es un sistema que se adapta a diferentes necesidades, requiere de poco espacio, pero puede necesitar más labores que otros métodos debido a las actividades de cosecha del lombricompost.



Imagen 84. Sistema de lombricultura en canastillas, Universidad Nacional de Colombia.

Reactores discontinuos: es una técnica interesante en contenedores que permite alimentar el lombricultivo por la parte superior y cosechar el lombricompost por la parte inferior. Es un sistema de baja tecnología, pues se puede realizar todo de forma manual o también se puede mecanizar. Para estos sistemas se recomienda no superar capas de 60 cm de profundidad y permite obtener un lombricompost maduro entre 30 y 60 días.

NOTA: Es importante recordar que cualquier sistema que se implemente debe ubicarse en sitios con piso sólido, facilitar la recolección de lixiviados, estar protegido de la luz del sol, de la lluvia, de temperaturas extremas, así como de animales domésticos.

Tabla 018. Plagas y enfermedades que afectan los lombricultivos.

Aves		
	Daño	Control
	Se alimentan de las lombrices.	Se recomienda aislar el lombricultivo para evitar el ingreso de animales, mediante el uso de polisorbras y cubiertas de cama como mantos de pasto o tierra de 10 cm en los sistemas que sean abiertos, implementar sistemas de camas levantadas y colocar espantapájaros.
Roedores		
	Daño	Control
	Se alimentan de las lombrices.	Aislar las camas de lombricultivo, adicionalmente se recomienda mantener la humedad alrededor del 80 %, y levantar las camas del suelo, adicionalmente cubrir con capa de pasto o tierra para que los alimentos no queden expuestos.
Hormigas y tijeretas		
	Daño	Control
	Las hormigas son depredadores naturales y las tijeretas cortan el cuerpo de las lombrices.	El factor que favorece su proliferación es la falta de humedad en el lombricultivo, por lo que se manejan fácilmente llevando la humedad de la cama al 80 %.

Planarias		
	Daño	Control
	Es la plaga de mayor importancia en los lombricultivos. Las planarias se adhieren a las lombrices y succionan todo su contenido hasta matarlas.	Esta plaga prolifera en sustratos con pH ácido (entre 5,5 y 6,5) y es común encontrarla donde se manejan estiércoles, de ahí la importancia de precompostar muy bien los residuos antes de ponerlos a las lombrices. Para su control se recomienda regular el pH del sustrato (llevarlo a valores entre 7,5 y 8), así como precompostar los residuos.
Babosas		
	Daño	Control
	Compiten con las lombrices por el alimento, pero no les causan daño directo.	Las condiciones que favorecen el desarrollo de las babosas son un exceso de humedad, así como la presencia de madera en descomposición. Para manejarlas se recomienda un control adecuado de la humedad del lombricultivo, así como evitar usar madera de fácil descomposición para la elaboración de las mezclas y de las camas de lombricultura.
Gozzo ácido o Síndrome Proteico		
Daño	Control	
Dieta alta en proteína. Esto causa inflamaciones en todo el cuerpo de la lombriz y posteriormente la muerte.	Valores superiores a 0,5 mg/g de amonio (García y Solano, 2005) pueden resultar en la intoxicación de las lombrices por esta sustancia y causar la muerte al lombricultivo.	

11. DOSIS Y MÉTODOS DE APLICACIÓN

| 115 |

Lombricompost sólido aplicado al suelo: debe incorporarse en el momento de la preparación del suelo, de la siguiente manera:

- Cultivos: aplicar de 1 a 3 toneladas/hectárea/ año.
- Jardín: De 10 a 30 g por planta.
- Frutales: 2 a 3 kg /árbol / 3 meses.

Lixiviado (líquido): puede aplicarse en cualquier estado de desarrollo de las plantas, especialmente cuando requieren de más nutrientes, como al inicio del desarrollo, al inicio de la floración y en el llenado de frutos.

- En drench (aplicación al suelo) al 10% cada 3 meses.
- Foliar al 5% cada 15 días.

En la siguiente tabla se pueden apreciar las cantidades de lombricompost sólido a aplicar al suelo en diferentes cultivos:

Tabla 019. Dosis de aplicación para cultivos

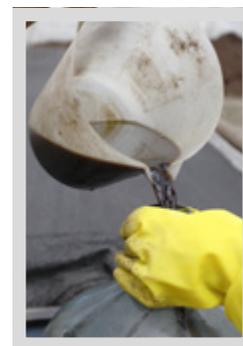
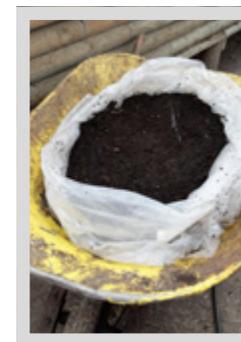
Cultivo	Dosis de lombricompost
Arveja	800 kg / ha
Berenjena	60 – 80 g / planta
Cebolla	2000 kg / ha
Espinaca	450 g / m ²
Lechuga	350 g / m ²
Pepino	70 – 80 g / planta
Pimentón	90 – 100 g / planta
Remolacha	1000 kg / ha
Tomate	80 – 100 g / planta
Uchuva	150 g / planta
Hortalizas y legumbres	100 g / planta
Flores y plantas de interior	200 g / planta
Arbustos	250 g / planta
Rosales	500 g / planta
Césped	250-500 g / m ²
Naranja limonero	1,5-2,0 kg / planta cada 3 meses
Trigo	90 – 100 g / m ²
Maíz	1000 kg / ha
Manzano	80 – 100 g / planta
Ahuyama, melón, sandía	400 g / planta

Fuente: Manual práctico de lombricultura. 2007. Lombricultura de Tenjo, Colombia.

Productos derivados de la lombricultura

Lombricompost

Se considera como un fertilizante orgánico, rico en enzimas y microorganismos benéficos. Este puede poner a disposición del cultivo una cantidad de nutrientes que puede llegar a sustituir hasta el 80% de la fertilización química (Quintero, 1993 citado por limpio, 2005), beneficia las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

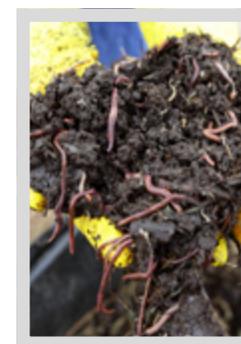


Lixiviado

Lixiviado del lombricompost, es el líquido que resulta del drenaje de las camas de lombricultivo, debe ser inoloro, de color muy oscuro. Es rico en nutrientes y éstos se encuentran solubles, es decir, que son de fácil asimilación por las plantas, por lo que se puede usar como fertilizante foliar.

Lombrices

Insumos para alimentos concentrados.
Lombrices para alimentación en fresco para peces, cerdos y aves.
Harinas para el consumo animal.
Carne para hamburguesas para consumo humano.
Carnada para pesca artesanal y deportiva.



Imágenes 85, 86 y 87. Humus sólido, líquido y pie de cría

Otros beneficios de la lombricultura

Aparte de la elaboración de abonos orgánicos, la lombricultura puede tener usos alternativos, entre estos están:

- Venta de pie de cría de lombriz a otras personas que quieran iniciar con el proceso.
- Alimentación para gallinas y peces.
- Harinas para alimentación animal y humana.
- Venta de alimentos orgánicos obtenidos con lombricompost.
- Obtención de alimentos para autoconsumo.

| 118 |

12. USO DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS

En la producción de abonos orgánicos son importantes los microorganismos que ayudan a degradar más rápido la materia orgánica, reduciendo el tiempo de la obtención de los mismos. Estos microorganismos son además altamente eficientes para el control de malos olores y control de moscas. Un caldo microbiológico es una mezcla de microorganismos benéficos naturales contenidos en un sustrato líquido con nutrientes suficientes para mantener estos microorganismos activos.

Estos microorganismos, esencialmente levaduras, bacterias acidolácticas, bacterias fotosintéticas, actinomicetos y hongos fermentadores, no poseen manipulación genética, se encuentran presentes en ecosistemas naturales y son fisiológicamente compatibles entre sí.

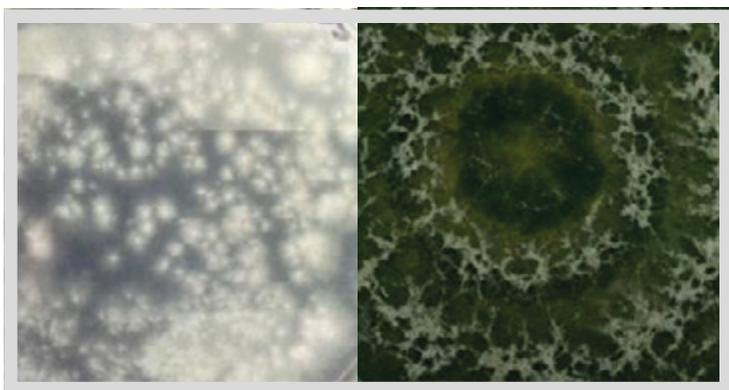
Función de los microorganismos en el proceso de degradación

- Aceleran la ruptura de compuestos como: Proteínas, azúcares, grasas y fibras.
- Promueven la rápida descomposición de la materia orgánica.

| 119 |

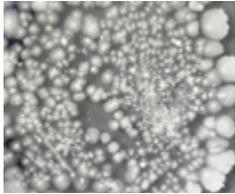
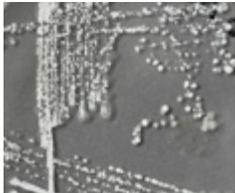
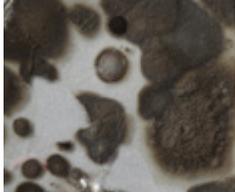
- Trabajan en dos vías primarias:
 - Exclusión por competencia de microorganismos patógenos.
 - Producción de subproductos beneficiosos como enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, hormonas, y antioxidantes.
- Contribuyen con la eliminación de los malos olores en el proceso de fermentación.

Las bacterias son los microorganismos más numerosos en el proceso de compostaje, constituyen entre el 80% y el 90% de los microorganismos existente en el compost.



Imágenes 88 y 89. Hongos benéficos presentes en la degradación de materia orgánica; *Pleurotus* (iza), *Trichoderma* (Der)

Tabla 020. Microorganismos benéficos en el proceso de degradación de materia orgánica.

Tipo de microorganismo	Beneficios	Dónde se encuentran
Bacterias acidolácticas 	Sus enzimas les permiten romper químicamente residuos ricos en celulosa, lignina, quitina y proteínas. Producen ácido láctico que es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica.	Suero de derivados lácteos. Leche.
Actinomycetes 	Los <i>Actinomycetes</i> poseen la capacidad de regular la microbiota rizosférica a través de la producción de antibióticos y otros compuestos. Asociación con raíces para fijar nitrógeno. son importantes en el proceso de transformación hasta la obtención del humus en el suelo. Los mejores agregadores del suelo Algunos actinomicetos producen antibióticos que regulan los patógenos de las plantas, que están en el suelo.	Mantillo de bosque.
Pseudomonas 	Son reconocidas como solubilizadores de fósforo. La temperatura óptima para su funcionamiento es de 25 a 30°C, aunque pueden crecer desde los 5 hasta los 42 °C. No crecen bajo condiciones ácidas (pH ≤ 4.5) y necesita preferentemente pH neutro. La especie más utilizada en el tema de biofertilizantes es la <i>P. fluorescens</i> .	Mantillo de bosque.

<p>Levaduras</p> 	<p>Sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido lácticas y actinomycetes.</p>	<p>Mantillo de bosque, o son comercializadas para la producción de pan</p>
--	--	--

Tabla 021. Cantidad de microorganismos por tipo de abono, Unidades formadoras de colonia -UFC- contabilizados por el laboratorio de Ingeniería Agrícola Universidad Nacional.

TIPO DE ABONO	BACTERIAS UFC/g	ACTINOMICETES UFC/g	HONGOS UFC/g
COMPOST	23.000.000	990.000	14.000
BOKASHI	26.786.000	2.679.000	<1000
LOMBRICOMPOST	103.879.000	10.519.000	151.000

En la tabla anterior se puede observar el lombricompost posee mayor cantidad de microorganismos benéficos comparado con otros dos tipos de abonos utilizados en agricultura ecológica.



Imagen 90. Presencia de hongos filamentosos y actinomycetes en pilas de compostaje

Fuentes de microorganismos benéficos.

Es posible encontrar microorganismos benéficos en suelos conservados de bosques nativos, humedales u otros ecosistemas conservados, imagen 108), en el compost o lombricompost maduro.

Se recomienda también tomarlos de sitios muy cercanos a la huerta o cultivos, para que los microorganismos tengan condiciones similares y puedan adaptarse y establecerse fácilmente. En estos lugares, entre otros organismos benéficos, se encuentran altas poblaciones de microorganismos eficientes en la degradación de la materia orgánica.



Imagen 91. Bosque nativo, fuente de microorganismos benéficos.

Existen otras fuentes de microorganismos benéficos en otros materiales que pueden multiplicarse para realizar biopreparados como son:

Suero de leche, yogurt natural - Bacterias ácido lácticas

Levadura de panadería - Extracto de levadura – Levaduras

Extractos o plantas: ortiga, limonaria

Multiplicación de microorganismos benéficos presentes en el suelo

Para la multiplicación de los microorganismos mediante la realización de biopreparados, es necesario satisfacer sus requerimientos y necesidades metabólicas mediante el aporte de:

Energía: Melaza, glucosa, celulosa, almidón, etc: necesarias para satisfacer los requerimientos energéticos de los microorganismos.

Proteínas: Harina de granos de leguminosas (arveja, garbanzo, frijol, habas), harina de quinua, amaranto, suministro de plantas leguminosas.

Nutrientes: Compuestos carbonados y nitrogenados para obtener los nutrientes que se necesitan.

Aire: Gran parte de los microorganismos benéficos requieren aireación para su crecimiento y desarrollo. Es necesario que en los sistemas se garantice la entrada de aire mediante agitación diaria.

Agua: Evitar la presencia de cloro, ya que su acción desinfectante elimina las poblaciones de microorganismos benéficos. A su vez, debe estar libre de otros contaminantes o sustancias tóxicas. Se recomienda el uso de agua lluvia o reposada.

A continuación, se propone una metodología muy utilizada para la multiplicación de los microorganismos, sin embargo esta puede tener modificaciones de acuerdo al tipo de materiales disponibles, siempre y cuando se garanticen las condiciones anteriores mencionadas.

Multiplicación de microorganismos benéficos

Materiales:

- 2 Canecas de 20 L con tapa.
- 20 vasos plásticos.
- Una libra de arroz integral, quinua o trigo orgánico.
- 1 kg de una gramínea integral (grano molido). Puede ser arroz, mijo, avena o trigo.
- 1 kg de una leguminosa (grano molido). Puede ser chocho, chachafruto, arveja, haba, frijol o garbanzo.
- 1 kg de melaza.
- 40 c.c. de suero de leche o 1 vaso de yogurt natural.
- 100 g de levadura.

Colecta de microorganismos: Procedimiento para realización de trampas

Tomar el arroz integral, quinua o trigo orgánico dejarlo en agua remojando durante 4 horas, al cabo de las cuales se debe escurrir.

Llenar un tercio del cereal remojado, y amarrar una malla a la boca del vaso. Se lleva a la olla de presión, donde se colocó agua, una olla dentro, en ella se colocan los frascos con arroz, al ir a pitar la olla, se baja el fuego, se mantiene por media hora más, se saca de la olla y se deja enfriar.

Realice tantas trampas, como cantidad de biofertilizante a preparar, recomendado 20 vasos por caneca de 20L.

1. Cocinar en baño de maría dentro de una olla a presión, sin sal, 30 minutos o hasta que quede semiduro, bajando el fuego antes de pitar y destapar.
2. Poner 10 vasos boca abajo despejando la hojarasca del contra el suelo de un bosque nativo, se deja por 8 días.
3. Poner cinco vasos sobre compost maduro y otros cinco sobre el lombricompost.
4. Revisar a los 7 días de puestos para ver cómo va la masa, se deben observar micelios de colores, si no, esperar otra semana.



Imágenes 92, 93 y 94. Captura de microorganismos eficientes.



Imagen 95. Trampa para captura de microorganismos eficientes.

Procedimiento para la multiplicación de los microorganismos:

En el momento que se forma la masa de colores sobre las trampas, debe estar preparado el fermento (preparar por lo menos una semana antes de recolectar las trampas), para alimentar los microorganismos así:

1. En la caneca de 20L se agregan 1L de agua, 100g de cereal y 100g de leguminosa molidos, se le agregan 350 g de melaza.



Imagen 96. Estiércol de vaca.

2. Adicionar 400 c.c. de suero de leche de vaca o el vaso de yogurt natural y 100 g de levadura de pan al volumen final obtenido, se le agregan 3 L de agua lluvia.

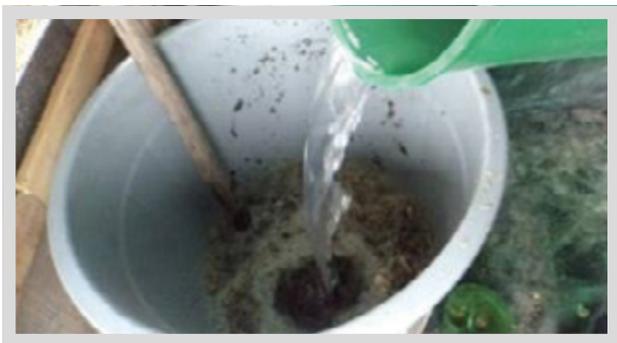


Imagen 97. Adición de agua a la mezcla

3. Mezclar bien, se tapa y dejar la caneca tapada, si es posible debajo de un árbol mínimo 48 horas (dejar por donde salgan los gases generados).
4. Semanalmente adicionar 100 g de harina de leguminosa, 100 g de harina de cereal y 100 g de melaza y el volumen de agua necesario para llenarla, dejando un mínimo espacio libre para garantizar su aireación.
5. Diariamente agitar, ya que el proceso es aerobio y necesita oxígeno para darse correctamente.

También se le pueden adicionar hojas de alguna leguminosa.

6. En la otra caneca, se mezcla un litro del fermento preparado, por cada vasito de microorganismos recolectados. Disponer los 20 vasitos de microorganismos que se colocaron en las diferentes zonas, con el fin de proporcionar una mayor riqueza microbiológica al preparado y mezclarlos con los 20 l de fermento. Disponerlos en un recipiente negro en un lugar fresco y oscuro por 7 días, tapado pero permitiendo la aireación y agitando diariamente.
7. Después de una semana el preparado está listo para aplicar.



Imagen 98. Aislamiento con malla para evitar la presencia de vectores.

Método y dosis de aplicación

Se cuela para utilizar y se disuelven dos a cuatro L, por 20 L de agua. Se utilizan 10 L de esta dilución por tonelada de materia orgánica, para humedecer la pila durante su armado y cada volteo.

Cada vez que se saque preparado de microorganismos, reemplazar el volumen tomado, con el mismo volumen de agua.

Además de este preparado, es posible realizar otro tipo de preparados ricos en microorganismos que igualmente contribuyen a una degradación más eficiente de la materia orgánica. A continuación se describe otra preparación:

Caldo microbiano para la maduración de residuos orgánicos

Para 20 L de agua adicionar:

- 300 g de melaza.
- 300 g de ortiga.
- 300 g de limonaria.
- 100 g de levadura de pan.
- 200 cm³leche cruda o 400 cm³ suero.
- 300 g de lixiviado de lombriz.

Se mezclan los ingredientes y se deja en fermentación durante mínimo una semana antes de aplicar. Tapar permitiendo la aireación y realizar agitación diaria.

Dosis: Aplicar de 2 a 4 L de caldo al estiércol fresco disuelto en 10L de agua, aplicado por tonelada de materia



13. SISTEMAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS

| 133 |

Sistemas de aprovechamiento *In Situ* (en el sitio)

Es el tipo de aprovechamiento en el cual los residuos orgánicos se transforman en un producto aprovechable (para esta propuesta compostaje o lombricompost) en el mismo sitio donde se generan, haciendo un manejo a pequeña escala. Se prevé que en la zona urbana, esta clase de aprovechamiento puede realizarse en los siguientes escenarios:

- Casas.
- Multiusuarios, empresas e instituciones educativas.
- Proyectos comunitarios.
- Huertos Urbanos.

Para el aprovechamiento *in situ* se recomiendan las siguientes tecnologías:

Tabla 022. Resumen de sistemas a pequeña escala. (Mohee R., 2007)

Sistema	Características	Imagen	Duración
<p>Composteras domiciliarias de palanca de volteo.</p>	<p>Cilíndricas herméticas, con control de la aireación. Las composteras ofrecen la ventaja de transformar los residuos en un corto tiempo. Dependiendo de las características de éstas, el compost puede estar maduro en 1 a 4 meses. El espacio que ocupan generalmente no es superior a 2 m², por lo que es de fácil instalación, requieren baja inversión, poca dedicación y si se realiza el proceso adecuado, finalmente se tendrá a disposición un producto seguro para uso en plantas ornamentales y alimenticias. La mayoría tienen aspas internas para facilitar la ruptura de agregados y agujeros en las caras laterales para permitir la aireación al interior del tambor.</p>		<p>1 a 4 meses</p>
<p>Composteras domiciliarias artesanales</p>	<p>La utilización de contenedores inorgánicos como canecas plásticas de pintura o diferentes tipos de baldes reciclados o reutilizados es posible para la elaboración de composteras domiciliarias. El principio básico de funcionamiento de las mismas es garantizar el drenaje de lixiviados mediante agujeros en la base de las mismas, sistemas para su recolección que pueden realizarse mediante, sistemas levantados donde se pueden instalar otros contenedores más pequeños o sistemas de mangueras para su recolección. Adicionalmente es necesario garantizar la aireación del sistema, mediante perforaciones o canales que permitan el flujo del aire, y sistemas de volteo o mezcla de residuos que permitan facilitar su descompactación.</p>		<p>2 a 6 meses</p>
<p>Compostaje en contenedores y corrales</p>	<p>Para lograr la altura mínima de 1 m, que permite alcanzar las altas temperaturas para el calentamiento y esterilización de los residuos, es posible implementar sistemas de acople de dos o más contenedores para dar una mayor altura, y así aumentar la eficiencia del uso del espacio, mediante el aprovechamiento del espacio vertical, lo que genera una mayor capacidad de aprovechamiento de residuos, sin necesidad de hacer uso de una mayor área o espacio.</p> <p>Son estructuras elaboradas en concreto, ladrillos o madera y los corrales hechos de malla, que tienen la ventaja que permiten la circulación del aire, pero también permite la libre circulación de moscas y roedores. Cuando se usan ladrillos, estos se alinean dejando agujeros que permiten la circulación de aire.</p> <p>Estos sistemas pueden llevarse a cabo en uno o más compartimentos para mover la pila de un compartimento a otro durante la realización del volteo. Una vez un compartimento es completamente llenado, su contenido se volteo al siguiente compartimento cada 1 o 2 semanas, hasta llegar al final. El compartimento final provee el espacio para la maduración, mientras una nueva tanda de compostaje se inicia en el primer compartimento. El tiempo promedio de compostaje está alrededor de 2 a 4 meses. Este sistema de tres compartimientos es usado ampliamente en predios rurales para compostaje de equinizas.</p>		<p>2 a 4 meses</p>

UNIDADES DE APROVECHAMIENTO EN EL MARCO DEL CONTRATO 369

Los Módulos de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos (MARO), son el producto de un diseño desarrollado por la Universidad Nacional en el marco del contrato 369 suscrito con la UAESP, con la idea de implementar un sistema práctico, durable, de fácil manejo y eficiente, para la producción de abono, empleando como materia prima residuos biodegradable.

Los MARO constan de dos dispositivos diseñados para realizar compostaje convencional y lombricultura y una cubierta cuya función principal es minimizar la exposición de los dispositivos a los factores ambientales, principalmente la lluvia. Adicionalmente, la cubierta está acondicionada para implementar el sistema de jardín vertical dentro de su estructura, que puede contener plantas ornamentales, aromáticas e incluso una pequeña huerta; todo este sistema crea una armonía que va desde la transformación de la materia en abono orgánico, hasta su uso directo en cultivos de interés.

El equipo fabricado para elaborar compost denominado roto compostador o compostador rotatorio, es un cilindro metálico cerrado, que tiene un sistema de rotación manual, con aspas en su interior y algunos agujeros laterales. Dentro de este equipo se introducen los residuos orgánicos

a través de una abertura con tapa ajustable y se realiza el proceso de compostaje convencional.



Imagen 99. Unidad de aprovechamiento completa.



Imagen 100. Compostador rotatorio.

El dispositivo tal como se diseñó, promueve el intercambio gaseoso mediante volteos regulares, mantiene la humedad de la mezcla y evita su compactación. Al ser un sistema cerrado evita

la producción de malos olores y la presencia de moscas o roedores. El acero inoxidable del cilindro hace el sistema resistente al peso, la corrosión y la tracción mecánica, por lo que están hechos para durar, así mismo facilita la conducción del calor en todo el sistema permitiéndole elevar su temperatura homogéneamente con mayor rapidez, factor de gran importancia en las primeras etapas de transformación del residuo.



Imágenes 101 y 102. Lombricompostador, diseñado para el proyecto, se observa el sistema de palancas para levantamiento.

El lombricompostador es un sistema diseñado para obtener abono de residuos orgánicos usando

lombrices para este proceso. En este equipo se introducen los residuos para servir de alimento a lombrices que serán quienes transformen el material proveniente del tambor rotatorio o de mezclas preparadas en el producto final.

Esencialmente está compuesto de tres canastillas cónicas, un contenedor de lixiviados un sistema de levantamiento de las canecas y una cubierta.

Las canastillas fabricadas también en acero inoxidable poseen orificios en su base para que las lombrices puedan transitar a través de ellos y desplazarse hacia arriba donde se encuentra el alimento en descomposición, dejando en el recipiente inferior el humus producido por ellas. La geometría de las canastillas permite que encajen una dentro de la otra para asegurar el contacto permanente de la cara inferior de la base con el sustrato que está siendo transformado, lo que garantiza que cuando se adicionen los residuos orgánicos en la segunda caneca, las lombrices puedan migrar con toda, facilidad. El sistema de levantamiento incorporado en el lombricompostador, hace el proceso continuo sin que las lombrices tengan que ser molestadas o lastimadas en la operación de extracción del abono producido, este sistema es innovador y fácil de utilizar. La cubierta del equipo impide el paso de luz a la que son sensibles las lombrices e impide el acceso a animales en su interior. Los orificios de las canecas

dan entrada permanente de aire en la mezcla y permiten el flujo de líquido a través de ellas. El exceso de humedad del sistema es recolectado en un contenedor para lixiviados que puede extraerse fácilmente del mismo y emplearse para aplicación en cultivos.

| 140 |

Con estas unidades se busca crear un cambio de comportamiento en la población, incentivando actividades que propicien la cultura ambientalista y que al mismo tiempo dichas actividades generen algún beneficio para quien las realiza.

14. CONSIDERACIONES ADICIONALES ZONA URBANA

| 141 |

El compostaje doméstico se puede realizar a nivel familiar, en el jardín, terraza, huerta o cualquier otro lugar apropiado, con cantidades pequeñas de residuos y empleando el sistema que considere más apropiado de acuerdo con sus posibilidades.

El lugar se debe adecuar con buen drenaje o con un sistema de recolección de lixiviados, debe ser de fácil acceso, protegido de los cambios bruscos del clima y que impida el acceso de animales.

Para la zona urbana se deben implementar preferiblemente sistemas cerrados, para prevenir la generación de olores ofensivos, vectores (roedores y moscas) que puedan afectar a los vecinos.

Dentro de las limitaciones usuales que se presentan cuando se decide iniciar esta labor, están relacionadas con la disponibilidad de tiempo, con la que se cuente para adelantar correctamente los procesos involucrados en cada una de las etapas de la transformación de los residuos. Dependiendo de las facilidades de cada caso particular, es posible realizar un proceso de compostaje lento o uno rápido. El proceso lento requiere menos

dedicación y esfuerzo que el proceso rápido, sin embargo hay que esperar más tiempo para obtener el producto esperado.

Compostaje doméstico *acelerado*

| 142 |

Esta técnica de compostaje, implica desarrollar todas las etapas descritas previamente con rigurosidad, como preparar la mezcla teniendo en cuenta la relación carbono-nitrógeno, hacer volteos y monitorear la humedad y la temperatura frecuentemente. Todas estas tareas demandan una mayor inversión de tiempo. En la implementación de este método es aconsejable adicionar microorganismos benéficos que ayuden a reducir los tiempos de degradación y a la vez, ayuden a evitar posibles problemas de malos olores o presencia de vectores.

Esta forma de compostaje se lleva a cabo preparando la mezcla a compostar y ocupando la totalidad del volumen del compostador a emplear, también puede hacerse en pila o trinchera siempre y cuando se cuente con buenas condiciones de espacio y ventilación. En caso de no contar con un espacio cubierto, debe proteger el sistema de posibles lluvias.

El proceso termina seis u ocho semanas después de preparada la mezcla, cuando la temperatura ha descendido y se mantiene constante, el

material presenta las características típicas de un compost maduro

Compostaje doméstico *lento*

| 143 |

Si no se cuenta con la disponibilidad para atender todas las variables del proceso convencional de preparación de compostaje, se aconseja emplear el método lento de conversión, que es simple y requiere poca fuerza de trabajo.

El proceso consiste en ir adicionando los residuos continuamente a medida que se van generando en el compostador, si es posible mezclados los materiales café con los verdes, o sino en capas alternadas, como los residuos verdes tienen mayor contenido de nitrógeno resulta conveniente cubrirlos cada vez que sean adicionados, puede ser con material café o con poco de tierra, material ya compostado o adicionarle microorganismos benéficos, todo esto para evitar la generación de olores fuertes o desagradables. El compostador más recomendado para este proceso es aquel que permite retirar el abono producido en la parte inferior y que mantenga el proceso de degradación continuo, en este sistema, no se requiere un volteo frecuente si bien es aconsejable hacerlo al menos una vez al mes verificando en esta operación que la mezcla posea la humedad adecuada. Este proceso puede durar entre 6 y 12 meses para ser completado.

Si se cuenta con poco tiempo y con espacios reducidos o de difícil accesibilidad, como puede ser el caso de los apartamentos, se recomienda utilizar sistemas de lombricultura en lugar del compostaje convencional, ya que las lombrices en gran parte, se encargan de llevar a cabo el proceso de transformación de los residuos mediante su consumo, así mismo favorecen la aireación de la mezcla. El producto obtenido, que corresponde al material deyectado por la misma lombriz, resulta ser de alta calidad nutricional para el suelo, lo que hace que este invertebrado se constituya en una fuerza de trabajo eficaz y muy económica, si se le brindan todas las condiciones adecuadas y se llevan los controles del proceso.

En el caso de unidades residenciales, conjuntos, instituciones o proyectos comunitarios, es posible utilizar cualquiera de las dos metodologías, compostaje o lombricultura, siempre y cuando se realice una adecuada separación en la fuente de los residuos orgánicos y se destine un espacio fijo para esta actividad, en el que se encuentre un sitio de acopio y un área para la transformación de los residuos. El producto obtenido puede aprovecharse como fertilizante orgánico en huertas y jardines del mismo predio. Como los volúmenes generados en este tipo de lugares son grandes, es recomendable implementar de manera óptima el sistema de aprovechamiento seleccionado, que

debe ser estandarizado, tecnificado y que permita determinar y hacer el seguimiento correspondiente de todas las variables involucradas en cada una de las etapas del proceso de degradación de los residuos, para lo cual se requiere contar con el personal necesario para ejecutar estas actividades.

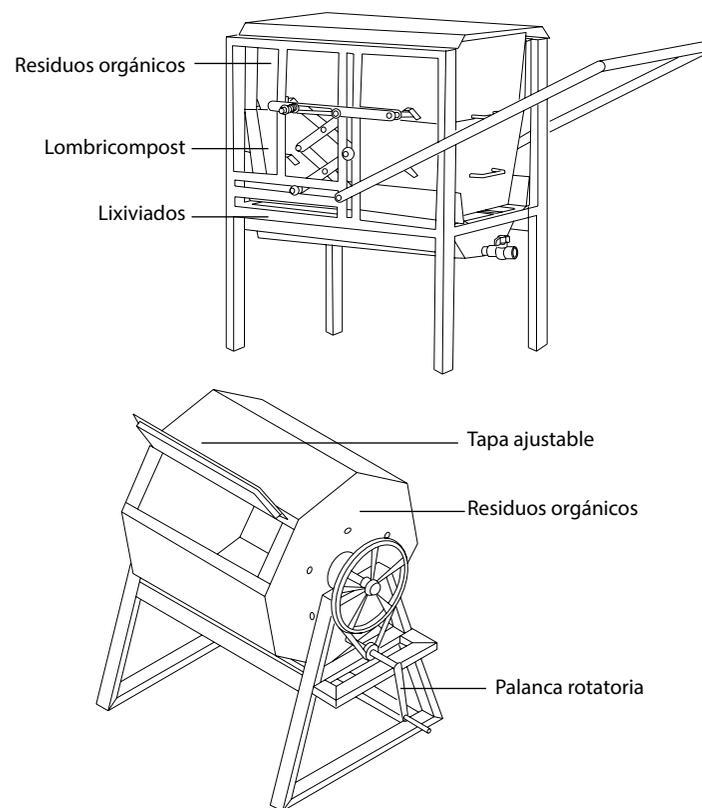


Imagen 103. Sistema de lombricultura (arriba), compostador rotatorio (abajo).



15. CONSIDERACIONES ADICIONALES PARA LA ZONA RURAL



| 147 |

Imagen 104. Niños zona rural, Vereda Santa Bárbara, Localidad Ciudad Bolívar

Características del sitio

Una de las ventajas que se presenta en la zona rural es que los predios cuentan con suficiente espacio para realizar el aprovechamiento de los residuos orgánicos, desde su conversión en abono hasta su posterior uso en producción agrícola.

El sitio de aprovechamiento debe ser preferiblemente plano y cubierto, si se tienen grandes volúmenes es conveniente hacer compostaje en pila, de otro modo puede hacerse en

contenedores comerciales o artesanales, como cajones de madera, canastillas, canecas, mallas etc.

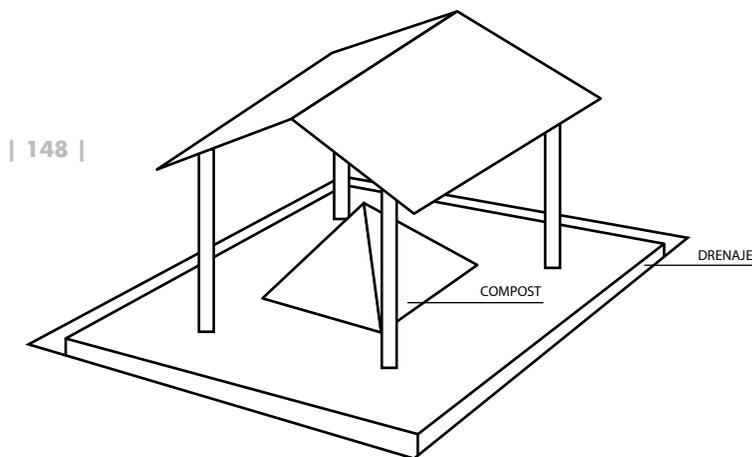


Imagen 105. Características del sitio, para elaboración de abonos orgánicos.

Tratamiento de los estiércoles

Uno de los aspectos críticos a tratar en la zona rural es el adecuado manejo de los estiércoles, ya que su uso para fertilización de suelos puede tener contraindicaciones debido a los organismos patógenos que se producen en el tracto digestivo de los animales, adicionalmente, pueden contener elevadas cantidades de amonio o sustancias ácidas, que afectan drásticamente la química y la biología del suelo, produciendo afectaciones nocivas e irreversibles a las plantas y a los demás

organismos presentes en el microecosistema. Por esta razón es aconsejable transformar el estiércol en abono inocuo a través de alguna metodología de compostaje.

El parámetro principal a controlar en el proceso de transformación del estiércol en abono, es la temperatura, para este tipo de sustrato es necesario que las pilas de compostaje alcancen valores superiores a los 55 °C durante al menos 3 días, y así garantizar la higienización del abono.

El contenido de nutrientes es diferente dependiendo del tipo animal (gallinas, vacas, cerdos), por lo que debe tenerse en cuenta la relación C/N de cada estiércol para preparar la mezcla inicial. En la tabla 011 se muestra el contenido de carbono y de nitrógeno de algunos excrementos de animales domésticos, comúnmente utilizados en compostaje. De otra parte, como algunos de los nutrientes de los estiércoles se pueden perder por volatilización y lixiviación, por ejemplo parte del nitrógeno contenido en el estiércol se volatiliza y puede formar gases de efecto invernadero, así mismo, cuando llueve, el agua puede arrastrar los componentes nutritivos de los estiércoles mal almacenados y causar problemas de contaminación en el agua y en el suelo.

Alimentación animal con residuos orgánicos

como se mencionó anteriormente, gran parte de los residuos orgánicos generados en la ruralidad se destinan para alimentación animal, para ello se deben tener en cuenta los aspectos listados a continuación:

1. Suministrar residuos crudos de cocina, (cáscaras de papa, frutas, restos vegetales) o residuos de cosecha
2. Estar en buen estado y no en proceso de putrefacción.
3. No estar mezclados con residuos inorgánicos.



LOS ESTIÉRCOLES CRUDOS NO SON ABONOS, DEBEN TRANSFORMARSE A TRAVÉS DE ALGUNA METODOLOGÍA DE COMPOSTAJE Y LOMBRICOMPOSTAJE.

Estos procesos deben ser realizados con los cuidados y controles necesarios para evitar enfermedades y contaminación del ambiente.

DESAFÍOS

El principal desafío es que exista voluntad política que dé el soporte para la implementación del esquema de aprovechamiento de residuos orgánicos en la ciudad.

Se debe formular la política pública de manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos y la reglamentación para su implementación con participación de todas las entidades competentes y de la ciudadanía, mediante la implementación de metodologías participativas. La formulación de esta política, su reglamentación, implementación y cumplimiento deben ser una de las metas del próximo PGIRS.

Se deben tener en cuenta las diferentes experiencias internacionales y la legislación en el tema, esto permite aprender de las experiencias ajenas, como ejemplo esta la categorización del compost de acuerdo con su calidad, este parámetro se tiene en la unión europea.

El enterramiento de los residuos en rellenos sanitarios debe dejar de ser la principal alternativa de disposición, por el contrario, se deben buscar todas las alternativas para el aprovechamiento de los diferentes residuos, creando todo el engranaje a nivel normativo, pedagógico, técnico y tarifario. También se deben superar las barreras normativas para la instalación de plantas de tratamiento de

residuos en la ciudad y para la comercialización de los abonos producidos.

Se debe cambiar el imaginario de que el manejo de residuos es solo problema de las entidades, es necesario crear conciencia acerca del impacto ambiental de los residuos orgánicos no aprovechados a través de estrategias pedagógicas, se debe establecer como un componente pedagógico teórico-práctico en todas las instituciones educativas.

Reconocer a los recuperadores de residuos orgánicos como componente articulador del esquema de aprovechamiento de residuos orgánicos.

Los ciudadanos deben comprometerse con prácticas como consumo responsable, participar activamente en los esquemas de separación en la fuente de residuos orgánicos a nivel domiciliario y grandes generadores, así mismo la UAESP debe implementar un sistema de gestión de residuos orgánicos que incluya contenedores, rutas de recolección selectivas, frecuencia de recolección, disposición y aprovechamiento.

Implementar plantas de aprovechamiento de RO a mediana y gran escala en diferentes puntos de la ciudad, que puedan contribuir a la maximización del aprovechamiento de estos residuos y reducción de costos ambientales y económicos

causados por el transporte y el método de disposición actual, que es el enterramiento.

El reciente Acuerdo 605 de 2015 (Institucionaliza el programa de agricultura Urbana Ecológica) representa un avance en el esquema de aprovechamiento de residuos orgánicos a nivel domiciliario, no obstante, esta normativa debe ser fortalecida y promovida, ya que esta práctica se ha identificado como una de las principales estrategias de aprovechamiento de residuos orgánicos a pequeña escala.

Fomentar las iniciativas de agricultura urbana, jardinería, proyectos de arborización y en general todas aquellas estrategias que promuevan la producción de especies vegetales en espacios urbanos, bien sean con fines ornamentales, forestales o alimenticios, ya que además de captar el dióxido de carbono emanado a la atmósfera por la combustión en los automóviles, sirven para el uso y de los abonos orgánicos producidos.

A través del contrato 369 celebrado entre la Universidad Nacional de Colombia y la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP) se instalaron 94 unidades de aprovechamiento en diferentes puntos de la ciudad, el proyecto consistió en la capacitación de los beneficiarios en zona rural urbana y periurbana de Bogotá, caracterización de beneficiarios que ya se encontraban realizando aprovechamiento de

residuos a través de diferentes metodologías de compostaje y lombricultura, entre otras actividades. Lo que se encontró es que existe una motivación de parte de diferentes entidades, colectivos de personas, agricultores urbanos y ciudadanos del común, el panorama es esperanzador, el presente proyecto se presenta como un primer paso en este objetivo y traza el camino para que se siga incentivando el aprovechamiento de los residuos orgánicos en la ciudad de Bogotá.



Imagen 106. Grupo de trabajo UAESP - UNAL.

GLOSARIO

Abono orgánico: el abono orgánico abarca los abonos elaborados con estiércol de ganado, compost rurales y urbanos, otros desechos de origen animal y residuos de cultivos. Los abonos orgánicos son materiales cuya eficacia para mejorar la fertilidad y la productividad de los suelos ha sido demostrada.

Aeróbico: proceso que ocurre en presencia de oxígeno. Para que un compost funcione con éxito se debe proporcionar suficiente oxígeno para que mantenga el proceso aeróbico.

Anaeróbico: proceso que ocurre en ausencia de oxígeno. Si esto ocurre durante el proceso de compostaje, éste se ralentiza y se pueden desprender malos olores, como consecuencia de procesos de pudrición.

Bacterias termófilas: grupo de bacterias que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 40°C a 70°C.

Compost maduro: compost que ha finalizado todas las etapas del compostaje.

Descomposición: degradación de la materia orgánica.

Estiércol: material orgánico empleado para fertilizar la tierra, compuesto generalmente por heces y orina de animales domésticos. Puede presentarse mezclado con material vegetal como paja, heno o material de cama de los animales. Aunque el estiércol es rico en nitrógeno, fósforo y potasio, comparado con los fertilizantes sintéticos sus contenidos son menores y se encuentran en forma orgánica. Puede aplicarse en mayor cantidad para alcanzar las cantidades que necesita el cultivo, pero en general, el nitrógeno es menos estable y está disponible por menos tiempo en el suelo. Es rico en materia orgánica, por lo que aumenta la fertilidad del suelo y mejora su capacidad de absorción y retención de agua.

Bovinaza: estiércol de vaca.

Equinaza: estiércol de caballo.

Porquinaza: estiércol de porcino.

Gallinaza: estiércol de gallina.

Conejaza: estiércol de conejo.

Caprinaza: estiércol de cabra.

Inoculante: concentrado de microorganismos que aplicado al compost, acelera el proceso de compostaje. Un compost semimaduro puede funcionar de inoculante.

Inorgánico: sustancia mineral.

Materia orgánica: residuos vegetales, animales y de microorganismos en distintas etapas de descomposición, células y tejidos de organismos del suelo y sustancias sintetizadas por los seres vivos presentes en el suelo.

Microorganismos: organismos vivos microscópicos (hongos, incluyendo levaduras, bacterias incluyendo actinobacterias, protozoos como nemátodos etc.).

Microorganismos mesófilos: grupo de bacterias, y hongos (levaduras u hongos filamentosos) que pueden vivir, trabajar y multiplicarse durante el compostaje entre los rangos de temperatura de 30°C a 40°C.

Nitrógeno: elemento indispensable para las plantas que puede estar en forma orgánica (proteínas y compuestos orgánicos), o inorgánica (nitrato o amonio).

Orgánico: un compuesto orgánico es una sustancia que contiene carbono e hidrógeno y, habitualmente, otros elementos como nitrógeno, azufre y oxígeno. Los compuestos orgánicos se pueden encontrar en el medio natural o sintetizarse en laboratorio. La expresión sustancia orgánica no equivale a sustancia natural. Decir que una sustancia es natural significa que es esencialmente igual que la encontrada en la naturaleza. Sin embargo, orgánico significa que está formado por carbono.

Patógeno: microorganismo capaz de producir una enfermedad. Puede ser fitopatogeno, cuando la enfermedad se produce en plantas, o patógenos humanos o animales.

Reciclaje de nutrientes: ciclo en el que los nutrientes orgánicos e inorgánicos, se transforman y se mueven en el suelo, los organismos vivos, la atmósfera y el agua. En la agricultura, se refiere al retorno al suelo de los nutrientes absorbidos del mismo por las plantas. El reciclaje de nutrientes puede producirse por medio de la caída de hojas, la exudación (secreción) de las raíces, el reciclaje de residuos, la incorporación de abonos verdes, etcétera.

Relación C/N: cantidad de carbono con respecto a la cantidad nitrógeno que tiene un material.

Definiciones tomadas adaptadas del Manual de compostaje para el agricultor (FAO, 2013).

BIBLIOGRAFÍA

- EPA - Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. 1999. Processes To Significantly Reduce Pathogens (PSRP). <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-503/appendix-B>
- FAO. 2013. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
- Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina.
- INFANTE D., B. Martínez*, N. González* y Y. Reyes. 2009. Mecanismos de acción de Trichoderma frente a hongos fitopatógenos.
- GAMBAUDO S., S., Corti, H. Fontanetto y G. Cencig. Microorganismos Promotores del Crecimiento del Cultivo de Colza. Publicación Miscelánea N° 119. Información Técnica de Trigo y Otros Cultivos de Invierno, Campaña 2011.
- PUENT, M.; García, J.; Rubio, E. y Peticari, A. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. 2010. INTA EEA Rafaela, Publicación Miscelánea, 116:39-44.
- NDEGWA y Thompson. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. Bioresource Technology 76 (2001). Págs. 107 – 112.

- ROMÁN Pilar, Martínez María y Pantoja Alberto. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- LOTZOF M. 2012. Very large scale vermiculture in sludge stabilisation. Vermitech Pty Limited. Australia.
- EDWARDS Clive. 1994. Earthworm ecology. 2da edición. Boca Ratón, Florida.
- EDWARDS Clive, Arancon Norman y Sherman Rhonda. 2011. Vermiculture technology. Earthworms, Organic wastes, and environmental management. Editorial CRC press. Boca Ratón, Florida.
- GARCÍA Mary y Solano Viviana. 2005. Manual de cría de la lombriz de tierra. Una alternativa ecológica y rentable. Editorial San Pablo. Bogotá.
- SALINAS Marcos y Ana Córdova y Vázquez. Manual de compostaje municipal Tratamiento de residuos sólidos urbanos. Mexico
- IGLESIAS Martinez Luis, Misterio de agricultura pesca y alimentación. El estiércol y las prácticas agrarias respetuosas con el medio ambiente. España 1995.
- Alcaldía Mayor de Bogotá (2007) Política Pública Distrital De Ruralidad Decreto 327 Del 35 de Julio de 2007.

ÍNDICE APOYO REFERENCIA IMÁGENES

- Imagen 1.** Ciclo del aprovechamiento de residuos
- Imagen 2.** Proyecto agricultura urbana en el barrio La Candelaria
- Imagen 3.** Algunos tipos de residuos orgánicos que se generan.
- Imagen 4.** Porcentaje de residuos orgánicos que se producen en una bolsa convencional.
- Imagen 5.** Separación en la fuente de residuos aprovechables que se maneja en el distrito.
- Imagen 6.** Dinámica del proceso de degradación en compostaje.
- Imagen 7.** Parámetros que se tienen en cuenta en compostaje
- Imágenes 8 y 9.** Medición de la temperatura en pilas de compostaje. Se observa la temperatura de la fase mesofílica (izq). Se observa la elevación de la temperatura hasta la fase termofílica (der).
- Imágenes 10 y 11.** Relación entre residuos húmedos y secos para obtener la humedad adecuada en la mezcla. Balance de humedad (izq) residuos húmedos (der) residuos secos
- Imagen 12.** Riego de pilas, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia.
- Imagen 13.** Medición de humedad mediante sensor de humedad, planta de compostaje Universidad Nacional de Colombia.
- Imagen 14.** Medición de la humedad en la mezcla mediante la prueba de puño.
- Imagen 15.** Altura adecuada de la pila para que alcance temperatura.

Imagen 16. Volteo mecánico con minicargador, planta de compostaje Universidad Nacional.

Imagen 17. Volteo con volteadora anclada a tractor planta Ibicol, Tocancipá-Cundinamarca. **Imagen 18.** Volteo de caneca utilizada para compostaje.

Imagen 19. Sensor de CO₂ que se utiliza para saber el porcentaje de oxígeno dentro de la pila, planta Ibicol, Tocancipá-Cundinamarca.

Imagen 20. Humedad en la mezcla.

Imagen 21. Gama de colores pH.

Imagen 22. Medición de pH, planta de compostaje Universidad Nacional.

Imagen 23. Proceso interno dentro del compostador.

Imagen 24. Caneca perforada para permitir aireación en la mezcla, tubos superiores para permitir la salida de gases.

Imagen 25. Compostadores continuos.

Imagen 26. Lombricompostadores continuos elaborados con materiales de bajo costo, en la parte inferior se observa mecanismo para recolección de lixiviados.

Imagen 27. Miguel Sánchez, localidad de Bosa, mecanismo de volteo de un compostador continuo. **Imagen 28.** Se observa como se recoge el material degradado en la parte inferior del lombricompostador.

Imagen 29. Foto Anais Muñoz, beneficiaria del proyecto, con el compostador rotatorio.

Imagen 30. Compostador y lombricompostador para hacer compostaje y lombricultura.

Imagen 31. Pilas de compostaje Universidad Nacional, se insertan tubos de PVC para mejorar la aireación.

Imagen 32. Pila de compostaje planta Ibicol, Tocancipá Cundinamarca

Imagen 33. Pila de compostaje Planta de procesamiento Agraris, Villanueva, Casanare

Imagen 34. Organigrama del proceso de compostaje.

Imagen 35. Alberto Caballero, Beneficiario del proyecto haciendo el pesaje de residuos para hacer la mezcla.

Imágenes 36, 37 y 38. Residuos para la preparación de la mezcla. (Residuos crudos, pasto, aserrín)

Imagen 39. Preparación de la mezcla

imagen 40. Riego de la mezcla.

Imagen 41. Comprobación humedad adecuada mediante la prueba de puño

Imágenes 42 y 43. Microorganismos eficientes para regar en las pilas de compostaje.

Imagen 44. Tamizaje de compost a través de zaranda.

Imagen 45. Empaque del compost planta Ibicol Tocancipá, Cundinamarca

Imagen 46. Papel de la lombriz en los ecosistemas.

Imagen 47. Turrículos hechos por lombrices

Imagen 48. Partes de la lombriz roja californiana.

Imagen 49. Lombriz roja californiana.

Imagen 50. Desarrollo reproductivo de la lombriz.

Imagen 51. Cópula de las lombrices. **Imagen 52.** Lombrices adultas y huevos de lombriz. **Imagen 53.** Lombrices pequeñas.

Imagen 54. Sistema de captación de aguas lluvias mediante canal para riego de camas de lombricultura. Barrio Bellavista.

Imagen 55. Cascaras de frutas y verduras para alimentación de lombrices.

- Imagen 56.** Lombrices comiendo cáscara de naranja.
- Imagen 57.** Pie de cría de lombriz roja californiana, en la foto se observan huevos y lombrices pequeñas.
- Imagen 58.** Lixiviados provenientes de las camas de lombricultura de la Universidad Nacional.
- Imagen 59.** Sara Cerón, asociación Ecobosques, Barrio bella vista (Tina utilizada como cama de lombricultura).
- Imagen 60.** Ramón, cama artesanal, asociación Asograng, barrio Guatiquia localidad de Ciudad Bolívar.
- Imágenes 61 y 62.** Construcción de lombricultivo con materiales reciclados.
- Imagen 63.** Lombricultivo materiales reciclados, asociación Ecobosques, barrio bellavista, localidad Chapinero.
- Imágenes 64, 65 y 66.** Elaboración de un lecho para lombricultura.
- Imagen 67.** Verificar que la mezcla quedó con el porcentaje de humedad adecuado 60 – 70%.
- Imagen 68.** Introducción de las lombrices dentro del lecho.
- Imagen 69.** Residuos crudos.
- Imagen 70.** Residuos secos.
- Imagen 71.** Pasto de corte.
- Imagen 72.** Mezcla del material
- Imágenes 73 y 74.** Verificación de la humedad adecuada de la mezcla.
- Imagen 75.** Sistema de precompostaje, finca San Pedro, Verjón alto.
- Imagen 76.** Aspecto de material precompostado
- Imagen 77.** Trampeo de lombrices en canastilla.
- Imagen 78.** Trampeo de lombrices con lona, en la parte superior se encuentra el material fresco.

- Imagen 79.** Trampeo de lombrices mediante una lona, se pone material fresco en la parte de arriba para que suban las lombrices.
- Imagen 80.** Sistema de lombricultura sobre el piso, Paula Granados, finca San Pedro vereda Verjón alto.
- Imágenes 81 y 82.** Camas de lombricultura a mayor escala. (Izq) Camas de lombricultura universidad nacional. (Der) Camas de lombricultura en concreto.
- Imagen 83.** Sistema de compostaje, instalado en un conjunto residencial, barrio Entre Rios.
- Imagen 84.** Sistema de lombricultura en canastillas, Universidad Nacional.
- Imágenes 85, 86 y 87.** Humus sólido, líquido y pie de cría
- Imágenes 88 y 89.** Hongos benéficos presentes en la degradación de materia orgánica; Pleurotus (Izq), Trichoderma (Der)
- Imagen 90.** Presencia de hongos filamentosos y actinomycetes en pilas de compostaje
- Imagen 91.** Bosque nativo fuente de microorganismos benéficos.
- Imágenes 92, 93 y 94.** Captura de microorganismos eficientes.
- Imagen 95.** Trampa para captura de microorganismos eficientes.
- Imagen 96.** Estiércol de vaca.
- Imagen 97.** Adición de agua a la mezcla.
- Imagen 98.** Aislamiento con malla para evitar la presencia de vectores.
- Imagen 99.** Unidad de aprovechamiento completa.
- Imagen 100.** Compostador rotatorio.
- Imágenes 101 y 102.** Lombricompostador, diseñado para el proyecto, se observa el sistema de palancas para levantamiento.

Imagen 103. Sistema de lombricultura (arriba), comportador rotatorio (abajo) .

Imagen 104. Niños zona rural, Vereda Santa Bárbara, Localidad Ciudad Bolívar.

Imagen 105. Características del sitio, para elaboración de abonos orgánicos.

Imagen 106. Grupo de trabajo UAESP - UNAL.

