

MANUAL PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA AGRICULTURA URBANA

Autores

Elizabeth Peña Turruella, Miriam Carrión Ramírez, Francisco Martínez, Adolfo Rodríguez Nodals y Nelso Companioni Concepción.

Patrocinado por: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Edición INIFAT.

Editor Ejecutivo: Agustín García Marrero

Diseño: José Diago López y Merle Lovaina Galbán

Correcciones: Dora Rodríguez Palma

Sobre la presente edición: INIFAT, 2002.

INIFAT- Grupo Nacional de Agricultura Urbana
Calle 1 esq. 2, Santiago de las Vegas, Ciudad de La Habana, Cuba.

Índice

Introducción.....	3
La materia orgánica. Generalidades.	5
Definición.	5
Formación de la materia orgánica en los suelos.	5
Estructura y fraccionamiento de la materia orgánica.	6
Proceso de transformación de la materia orgánica.	7
Importancia de la materia orgánica sobre las propiedades de los suelos.....	9
Influencia sobre las propiedades químicas.	9
Métodos de estudio de los compuestos orgánicos de los suelos.....	10
Abonos orgánicos. Generalidades.	14
Concepto.....	14
Compostaje. Generalidades.	15
Ventajas del compostaje.	15
Proceso de compostaje.....	18
Principales parámetros de control en el proceso de compostaje.	18
Sistemas de Compostaje.	27
Operaciones de Compostaje.	31
Mezcla y construcción de la pila.	31
Rendimiento del compostaje.	32
Maduración y almacenaje.....	32
Evaluación de la madurez de un compost.	34
Métodos para determinar el grado de madurez de un compost.	35
Métodos para la elaboración de compost.	39
Lombricultura. Generalidades.	43
Concepto.....	43
La lombriz de tierra:	44
Biología y ecología.....	44
Enemigos naturales.....	48
Características generales de la planaria.	48
Desarrollo del cultivo de la lombriz:	49
Condiciones necesarias para el cultivo de lombrices.	50
Riego y alimentación.....	¡Error! Marcador no definido.
Densidad de la población.....	54
Definición de pie de cría.....	54
Prueba de caja.....	55
Muestreo.....	55
Extensión del cultivo.	56
Cosecha del humus y de las lombrices.	57
Métodos de cosecha.....	57
Almacenamiento del humus de lombriz.	57
Medidas sanitarias.	58
Ventajas y Beneficios.....	58
Abonos líquidos.....	60
Calculo de la disponibilidad de materia orgánica.....	61
BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.....	63

INTRODUCCIÓN

La primera condición que se debe observar en cualquier sistema agrícola, la constituye la conservación de la fertilidad del suelo.

A través del tiempo la Naturaleza ha desarrollado varios mecanismos para manejar el suelo. Entre ellos se observa que crecen juntos, plantas con animales, desde los mamíferos hasta los invertebrados más rudimentarios. Es decir que la diversidad prevalece y que no se observan monoculturas.

También, el suelo se encuentra protegido de la acción directa del sol, de la lluvia, del viento y la totalidad de la energía solar es utilizada. La Naturaleza hace que se autofertilice, es decir, que elabora su propio humus proveyéndose de elementos minerales mediante la transformación de los restos de animales y vegetales por hongos y bacterias acumulados en la superficie del suelo. Otro mecanismo utilizado consiste en el bombeo, por las raíces, de elementos nutrientes hacia la superficie.

Todo esto indica que en los procesos naturales nada se pierde, existe un equilibrio entre los procesos de crecimiento y de desintegración, es decir, un reciclaje completo y bien engranado.

Ejemplo de una agricultura imitadora de la Naturaleza y que mantiene un equilibrio entre estos dos procesos, se encuentra en las prácticas del Oriente donde las pequeñas “chacras” de la China, siempre cultivadas, mantienen su fertilidad después de 40 siglos de producción. Ellos desde tiempos remotos, descubrieron el efecto beneficiosa de la orina y residuos sólidos de los animales y lo aplicaban al suelo como materia orgánica. Los campesinos usaban un método tradicional de composteo con restos de cosecha de leguminosas, turba y residuos animales. Después aplicaban al suelo como un importante fertilizante.

Uno de los primeros reportes inscritos acerca de esto aparece en el Imperio Akkadian (alrededor de 2 300 a.n.e.). Más tarde en “La Odisea”, su autor Homero, describe el uso para la agricultura del residuo del ganado. Este autor describió también que los ciudadanos de Atenas utilizaban sus desechos sólidos como fertilizantes en el campo y lo aplicaban en sistemas de canteros.

Los Romanos utilizaron el compost de diferentes materiales y a través del tiempo este abono se convirtió en parte fundamental de la Agricultura Europea.

Esta práctica también aparece en las escrituras de las civilizaciones árabes. De igual forma en el “Talmud” aparece un mandato para manipular solamente aquellos compost que alcanzaban su madurez.

Los colonizadores del nuevo mundo encontraron que sus pobladores en América colocaban un pescado junto a la semilla de maíz con el propósito de que las plantas estuvieran provistas de nutrientes.

Hasta fines del siglo IX, antes de la llegada de los fertilizantes químicos, los campesinos usaron una variedad de desechos industriales y otros productos agrícolas como fertilizantes, residuos urbanos y desechos de todo tipo. Sin embargo, a principios del siglo XX los fertilizantes químicos cobraron tanta importancia como los orgánicos y llegaron a superarlos. Se constata que en el listado de fertilizantes en 1914 aparecían 55 tipos orgánicos mientras que en el reporte de 1979 no se mencionó ningún fertilizante orgánico.

En todo este siglo la revolución química ha marchado, pero algunos agricultores no olvidaron los beneficios de la materia orgánica.

Es precisamente el Programa Nacional de Agricultura Urbana donde se retoman estas prácticas y comienzan a desarrollarse en todo el país las producciones de hortalizas y otros cultivos en sustratos elaborados con mezcla de materia orgánica suelo y otros

materiales en organopónicos así como el enriquecimiento de suelos productivos y cultivos en canteros para la modalidad de huerto intensivo.

Esta práctica ha permitido la disponibilidad creciente de hortalizas y condimentos frescos para la población en cantidades de 2 360 000 toneladas de productos diversificados.

En el presente libro se recogen algunos conceptos básicos, principios a seguir y métodos prácticos para la elaboración de abonos orgánicos que proporcionan a los productores los conocimientos para el reciclaje de desechos y obtención de altos rendimientos.

LA MATERIA ORGÁNICA GENERALIDADES

La materia orgánica, es uno de los factores más importantes para determinar la productividad de un suelo o sustrato en forma sostenida, por lo cual constituye el factor principal que garantiza el éxito en el manejo ecológico del suelo. Sin embargo, a pesar de su gran trascendencia, ha sido descuidada desde la década de los años 50 cuando se intensificó el consumo de los fertilizantes sintéticos que por su alto costo y por su elevada actividad de contaminación ambiental deben ser sustituidos cada vez más por la materia orgánica.

La materia orgánica representa la principal reserva de carbono de la biosfera y constituye la principal fuente de carbono y nitrógeno en los ecosistemas terrestres y de su conservación depende en gran medida la vida del planeta. Para conservarla es necesario dirigir el proceso de transformación de los restos orgánicos hacia la formación de sustancias húmicas estables y con ello disminuir la emisión de gases a la atmósfera contribuyendo a atenuar el efecto invernadero y elevar la productividad de los ecosistemas terrestres.

Definición.

Esta definición comprende dos conceptos el de materia orgánica y humus. La materia orgánica se define como todo material de origen vegetal o animal en proceso de descomposición y humus como el producto final de ese proceso el cual presenta un alto peso molecular, formado por un núcleo central de compuestos aromáticos y cadenas laterales integradas por carbohidratos, así como cadenas alifáticas donde se ubican los grupos funcionales que hacen que se comporte como un “almacén” de nutrientes para evitar que éstos se lixivien.

Formación de la materia orgánica en los suelos.

El suelo recibe una gran cantidad de restos orgánicos de diferentes orígenes,. Entre ellos se encuentran los de plantas superiores, los cultivos agrícolas y en menor escala residuos animales. Los mismos llegan al suelo y se depositan en la superficie en forma de hojas, ramas y flores, o quedan directamente atrapados en la masa del suelo como raíces.

En la superficie de los suelos forestales se acumula una capa de restos orgánicos conocido por mantillo. En los de climas templados este horizonte a través del tiempo puede tener de 10 a 70 t/ha a pesar de recibir anualmente alrededor de 4 t/ha de restos vegetales. Sin embargo, los suelos forestales tropicales reciben de 100 a 250 t/ha al año y carecen de este horizonte orgánico que en todo caso puede llegar a alcanzar solamente 10 t/ha. Esto se debe a que en el trópico la acción de la fauna y la microflora del suelo es mucho más enérgica y se desarrolla con mayor actividad durante todo el año.

Se conoce que en la cama de un metro de suelo, las raíces pueden pesar entre 8 y 20 t/ha y que también el 100% de la parte subterránea de las plantas anuales se renueva cada año incorporándose sus restos al suelo, mientras que las herbáceas perennes renuevan nada más el 30 %. De igual forma sucede con los cultivos agrícolas anuales, los cuales dejan en el suelo pocas cantidades de restos vegetales ya que la parte aérea se retira para su consumo. Esta situación produce un nuevo equilibrio dinámico de la

materia orgánica en el suelo, disminuyendo su contenido y por ende la fertilidad potencial del mismo.

La biomasa total de los bosques fluctúa entre 50 t/ha en la Taigá y 500-1700 t/ha en los bosques tropicales y subtropicales. En estas últimas regiones en los bosques de hojas anchas caen de 0,5 a 4 veces más hojas que en los bosques de clima templado. Los suelos del subtropico reciben de 4 a 8 veces más restos que sus similares meridionales.

Los niveles deseables de materia orgánica en los suelos de cultivo varían desde el 2% en zonas áridas al 5% y más en los valles fértiles. Teniendo en cuenta esto los científicos plantean que toma tiempo mantener o elevar el contenido de la materia orgánica en los suelos que son cultivados intensamente, además, estiman que esparciendo 25 toneladas de abono por acre (61 t/ha), tomaría aproximadamente 20 años para la formación de la materia orgánica del suelo en un 1 %.

Resultados reportados para Cuba, señalan que en el transcurso de 12 meses se mineraliza el 50% de los restos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mientras que la mineralización en el caso de los restos de plátano (*Musa paradisiaca*), maíz (*Zea mais*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) fue de un 100% en igual período. La biomasa aérea de la vegetación herbácea varia entre 0,5 y 13 t/ha, en dependencia de la especie vegetal y la zona climática y su participación en el proceso de humificación es insignificante, ya que una gran parte de ella es consumida por los insectos y los mamíferos herbáceos o es recogida por el hombre. Sin embargo, la parte subterránea es mucho más importante, estos varían desde el 10 % del peso total de la planta hasta el 80 % o 90 % en las zonas climáticas más secas.

Estructura y fraccionamiento de la materia orgánica.

Los compuestos orgánicos donde los nutrientes se encuentran fuertemente retenidos, son los que forman el cuerpo de los organismos vivos, así como productos de síntesis secundarias como el humus, mientras que los compuestos orgánicos en los cuales los elementos tienen mayor movilidad están representados por tres grupos:

- Humatos y Fulvatos. Compuestos de cationes (nutrimentales) en su combinación con los ácidos húmicos y fúlvicos.
- Compuestos órgano-minerales representados por sales complejas resultantes del desplazamiento del ion H^+ de los cationes (nutrimentales) de la solución del suelo.
- Compuestos orgánicos absorbidos y retenidos en la superficie de las partículas del suelo.

El fraccionamiento de la materia orgánica es un análisis que determina la calidad de la materia orgánica y permite evaluar su influencia en la fertilidad actual y potencial del suelo. Consiste en separar la materia orgánica no humificada y las sustancias húmicas, identificándose tres grupos: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas. Cada uno de ellos presenta características diferentes de donde se deriva una influencia distinta sobre el suelo. (ver figura 1).

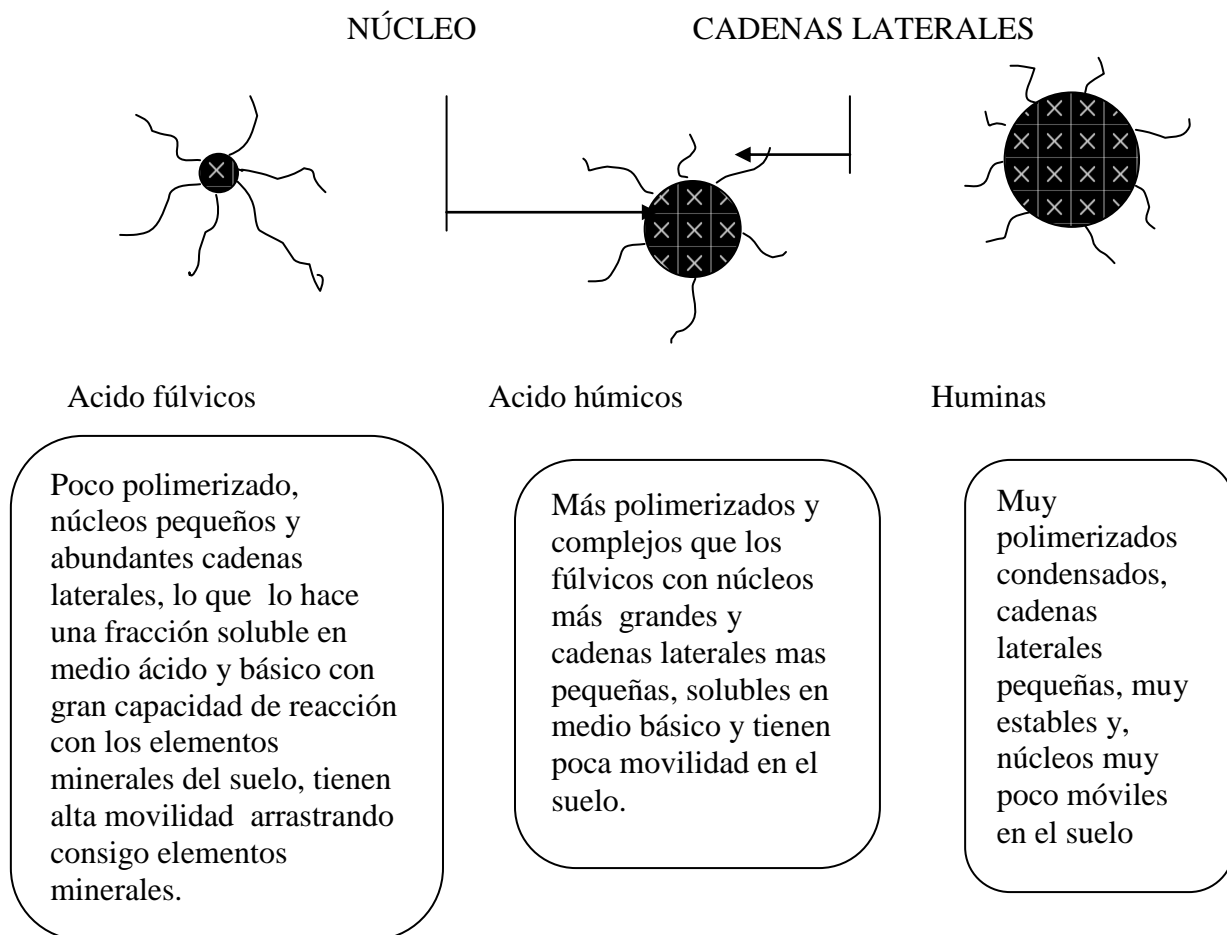


Fig. 1. Compuestos principales del humus.

Proceso de transformación de la materia orgánica.

El proceso de transformación de la materia orgánica se clasifica en descomposición (degradación), humificación y mineralización.

La biomasa que cae al suelo es sometida a un proceso de mineralización hasta CO_2 , H_2O y elementos minerales que son tomados por la planta y un proceso contrario que es la humificación donde ocurre una transformación en productos orgánicos complejos y estables que constituyen la reserva orgánica de los suelos y que se conoce como humus. Del 70 a 80% de restos vegetales que caen al suelo se mineralizan aportando de esta forma nutrientes para las plantas y de un 20 a 30% se convierten en humus. (ver figura 2)

El humus es fuente directa de una serie de nutrientes que toman las plantas durante su crecimiento, además, su composición química permite establecer enlaces con algunos elementos, evitando la pérdida de ellos por lavado o por formación de compuestos insolubles.

Las sustancias húmicas son compuestos orgánicos coloidales de alto peso molecular, de color oscuro, que contienen núcleos aromáticos más o menos esféricos, resultantes de la participación y condensación de compuestos fenólicos ligados entre sí por cadenas alifáticas (péptidos y polisacáridos) más o menos largas. El tamaño global de la molécula, el largo relativo de las cadenas, el tamaño de los núcleos y el número de grupos funcionales (sobre todo carboxílicos y fenólicos) determinan su grado de solubilidad e influencia sobre las propiedades del suelo.

El proceso de humificación comprende como la suma de los fenómenos que provoca la formación de distintos compuestos orgánicos a partir de los productos de descomposición y alteración de restos vegetales y animales así como del plasma microbiano.

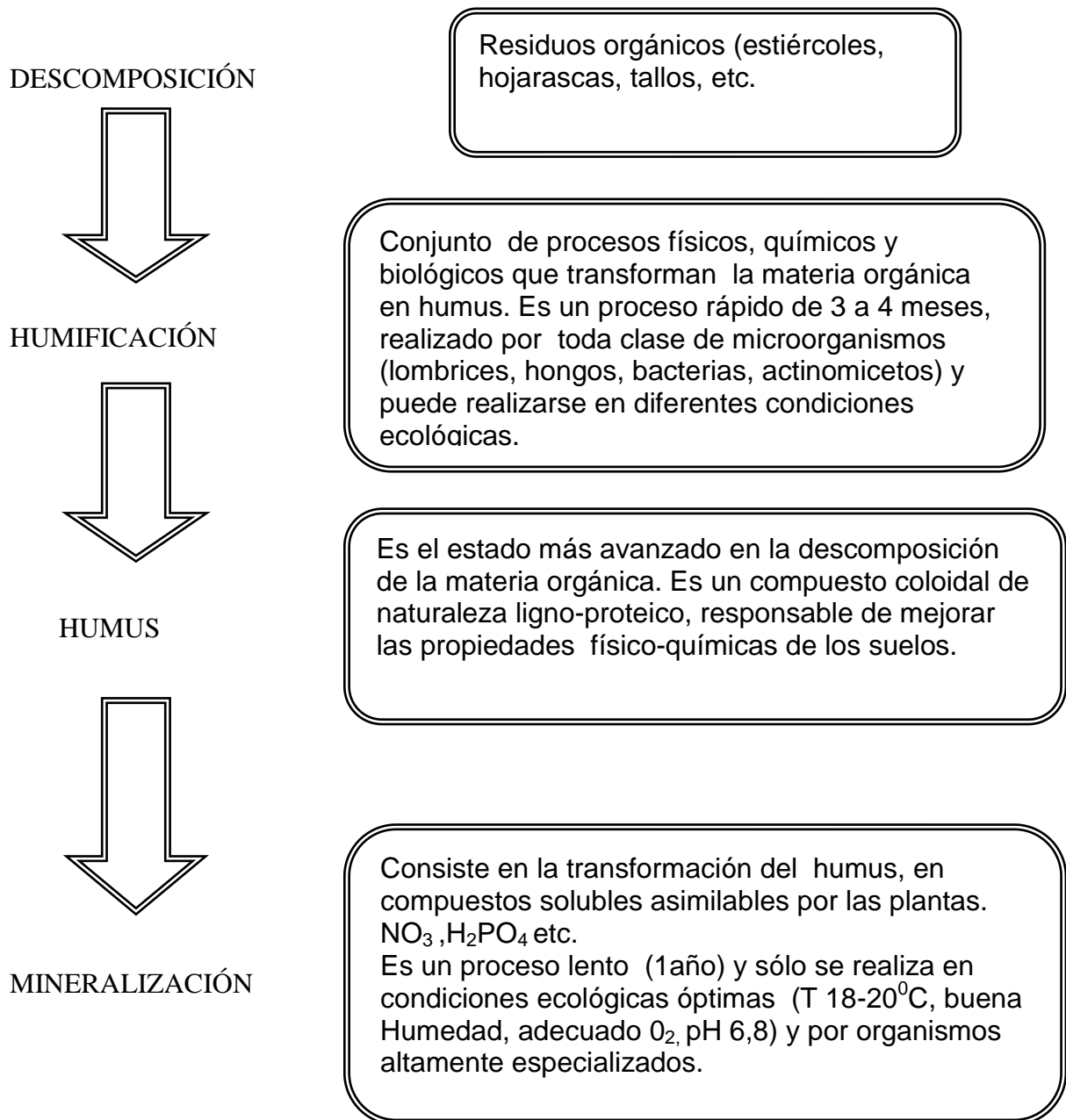


Fig. 2. Proceso de Transformación de la materia orgánica.

Importancia de la materia orgánica sobre las propiedades de los suelos.

La aplicación de materia orgánica de forma sistemática al suelo es de trascendental importancia para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y buscar la sustentabilidad agrícola de nuestros sistemas productivos.

La influencia favorable de la materia orgánica en los suelos ha sido reconocida desde la antigüedad y aún en nuestro siglo no ha perdido vigencia este concepto, baste decir que se considera su presencia un factor distintivo entre el suelo y la corteza mineral.

Influencia sobre las propiedades físicas.

- Produce agregación en los suelos mejorando su estructura.
- Proporciona porosidad en los suelos arcillosos.
- Aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa.
- Mejora el balance hídrico.
- Regula la temperatura del suelo.
- Reduce la erosión.
- Reduce la evaporación.

Influencia sobre las propiedades químicas.

- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico.
- Mantiene los micro y macroelementos potenciales alrededor del sistema radical de las plantas.
- Facilita la absorción de nutrientes por las plantas.
- Tiene efecto quelatante sobre el hierro, manganeso, zinc, cobre y otros microelementos.

Influencia sobre las propiedades biológicas.

- Estimula la microflora del suelo.
- Modifica la actividad enzimática.
- Favorece la respiración radical.
- Favorece la capacidad germinativa de las semillas.
- Mejora los procesos energéticos de las plantas.
- Favorece la síntesis de ácidos nucleicos.
- El CO₂ desprendido favorece la solubilización de compuestos minerales.

La materia orgánica actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de nutrientes, según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio.

La materia orgánica actúa como un "amortiguador" regulando la disponibilidad de nutrientes según las necesidades de las plantas. Por ejemplo, en suelos ácidos, impide la fijación del fósforo y neutraliza el efecto tóxico del aluminio. La misma es muy importante en los trópicos por su propiedad tampón o amortiguadora ("buffering") de los nutrientes.

La disminución de los niveles de materia orgánica en el suelo implica la disminución de los nutrientes disponibles para las plantas.

Métodos de estudio de los compuestos orgánicos de los suelos.

Para el estudio de la materia orgánica de los suelos es posible utilizar un sin número de métodos que van, desde los cualitativos que comprenden el nivel macroscópico, a los métodos cuantitativos o semicuantitativos que incluyen las técnicas instrumentales, espectrofotométricas de alta precisión, las cuales permiten llegar incluso establecer estructuras orgánicas.

A continuación se plantean algunos detalles de los métodos:

Método cualitativo

El método cualitativo se lleva a cabo en el campo a simple vista o con lupa en el perfil o en muestras simples. Permite identificar los restos orgánicos y por ende determinar los horizontes, se puede observar además el grado de incorporación de la materia orgánica, tipo ecológico de humus, etc.

También es posible realizar observaciones en microscopio polarizante con laminas delgadas o microscopio electrónico de barrido, lo cual permite identificar los restos orgánicos y la parte mineral a diferentes escalas. (ver figura 3).

Este método incluye diferentes vías:

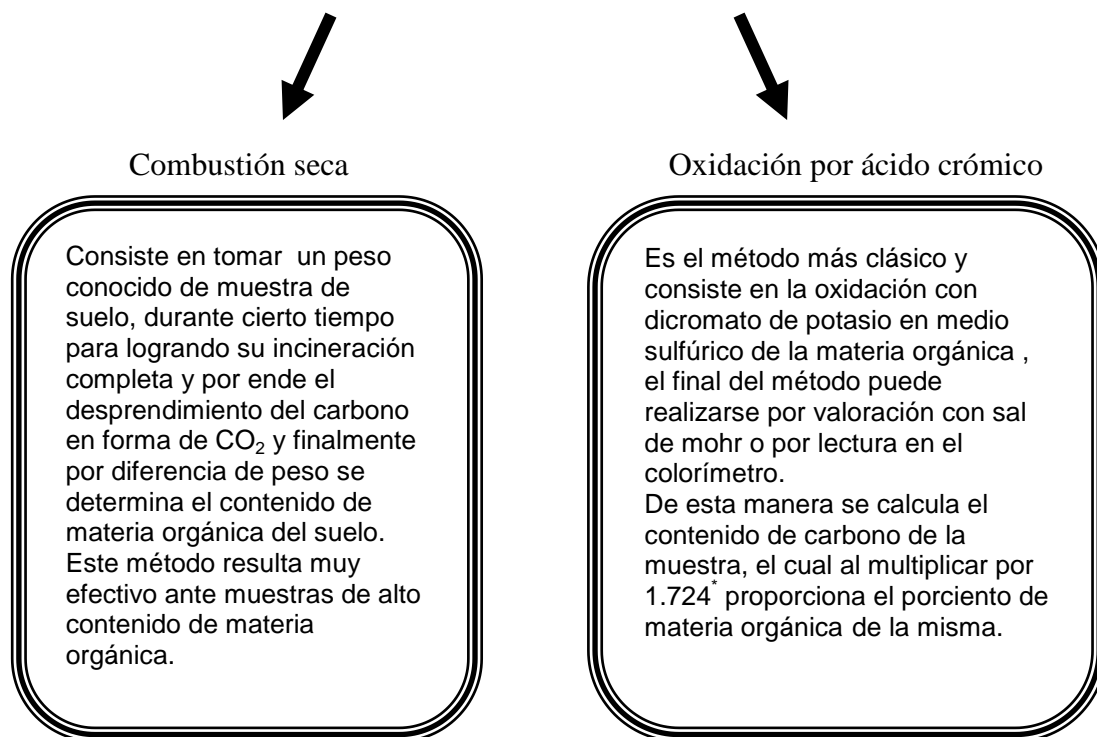


Fig. 3. Método cuantitativo:

* El factor 1.724 responde a que la materia orgánica del suelo posee un 58% de carbono.

Otros métodos.

Para algunos estudios de suelo no basta con conocer el contenido de materia orgánica total, sino que es necesario conocer la calidad de ella para poder evaluar su influencia sobre la fertilidad actual y potencial del suelo.

Con este objetivo se realiza el fraccionamiento de la parte orgánica del suelo, con lo cual se separa la materia orgánica no humificada y las sustancias húmicas. De esta forma se identifican 3 grupos de compuestos ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas.

Este fraccionamiento se realiza por varios procedimientos, siendo el más común el método de Kononova–Belchikova donde se extraen las sustancias húmicas con una solución de pirofosfato de sodio pH – 12, bloqueándose el calcio y otras bases para liberar las sustancias húmicas en forma de humato de sodio; luego por acidificación del medio se separan los ácidos fúlvicos de los húmicos. El carbono se determina mediante el secado de una alícuota de la solución y la oxidación con dicromato en medio ácido y valoración con sal de mohr. Las huminas se determinan por diferencia con el contenido de carbono total del suelo. Este método resulta sencillo y es muy utilizado en la práctica.

Cuando se trata de estudios más profundos y detallados se utilizan otros métodos de fraccionamientos más complejos, en general se basan en extracciones sucesivas. El método de Tiurin realiza la separación según su unión con diferentes elementos del suelo (Ca, Mg, Fe, Al, y otros), obteniendo tres fracciones de ácidos húmicos y fúlvicos ligados al Fe y Al, ligados al Ca y Mg y ligados a las arcillas sesquioxídicas. En el caso de los ácidos fúlvicos se obtiene además una fracción libre.

En algunos casos para estudios más específicos se realiza análisis químico elemental en los que se determinan los principales componentes elementales en los ácidos húmicos (C, N, O, H, S.). Así como técnicas electroforéticas que permiten separar los componentes por su movimiento al aplicar una diferencia de voltaje. Las fracciones que se obtienen son: ácidos húmicos pardos que migran al cátodo y los ácidos húmicos grises que migran poco al tener menor relación carga superficial /masa.

En los años 70 comienza a emplearse el Método de análisis degradativo que incluye la hidrólisis ácida y alcalina, la degradación oxidativa, la degradación reductiva, pirolisis y espectrofotometría de masa.

Sus resultados deben interpretarse con precaución por las alteraciones que puedan tener lugar durante la degradación, mediante ella se identifican monómeros y se pueden proponer modelos estructurales del polímero del cual procede. Es una técnica que promete en especial para compuestos de elevado peso molecular.

También pueden utilizarse métodos de análisis no degradativos tales como la Espectroscopia ultravioleta y visible, este permite identificar sustancias húmicas y consiste en definir un índice de color entre la absorción a 465nm y 665nm, esta relación es menor cuando mayor es el grado de condensación, mayor el peso, y más abundancia de sustancias aromáticas.

La Espectroscopía infrarroja (IR) permite identificar grupos funcionales (grupos OH, enlaces C-H, amidas C=O, grupos quinónicos C=O), para sustentar las hipótesis sobre los compuestos en los que pueden encontrarse distintas fracciones resultantes del fraccionamiento y así poder comparar sustancias húmicas procedentes de distintos suelos. Los espectros IR resultan complejos y difícil de interpretar.

La Espectroscopía de Resonancia Magnética nuclear (NMR) está considerada como la técnica más útil. Permite identificar componentes y estructuras en muestras de suelo sin pretratamiento ni necesidad de realizar extracciones.

Además existen los métodos de cromatografía que pueden ser en gel o en líquido-gas y se utilizan para fraccionar según tamaño molecular y son relativamente sencillos.

Algunas consideraciones sobre la interpretación de los resultados analíticos.

Para lograr una adecuada interpretación de los resultados es necesario tener en cuenta que la calidad de los productos de transformación de los restos orgánicos dependerá de las condiciones en que se desarrolle el proceso de humificación. Si este proceso se desarrolla en un medio biológicamente inactivo, donde no exista abundancia de elementos estabilizadores de humus (arcillas del tipo 2:1 y de bases como C_a , M_g , etc.), es lógico esperar la formación de compuestos orgánicos poco polimerizados, muy móviles y agresivos (ácidos fúlvicos), capaces de acomplejar una cantidad considerable de elementos, movilizarlos y arrastrarlos a través del perfil del suelo. En las condiciones de Cuba en los suelos Ferralíticos, Ferríticos, Pardos sin carbonatos y otros suelos ácidos y pobres en base predominan esas formas.

Cuando este proceso se desarrolla en un medio biológicamente activo o sea, donde exista abundancia de sustancias estabilizadoras del humus, las sustancias orgánicas que se forman son mas estables y polimerizadas, y menos móviles. En Cuba los suelos con abundantes contenidos de base y arcilla del tipo 2:1 predominan las formas mas complejas y estables de los ácidos húmicos. Esto demuestra la relación que existe entre las características heredadas de la roca formadora del suelo y la composición del humus formado.

Se puede afirmar que la cantidad y tipo de materia orgánica del suelo presenta una variabilidad espacial importante de unos ecosistemas a otros e incluso dentro de ellos, tanto vertical como horizontal pues el retorno anual de residuos orgánicos será función de la zona climática, tipo de vegetación y uso del territorio.

La materia orgánica por su modo de incorporación se halla generalmente en la superficie del suelo, distribuyéndose más o menos uniforme con la profundidad en correspondencia con las posibilidades de traslocación, las que dependen del tipo de vegetación, naturaleza de la biomasa aportada, complejo órgano metálico a que de lugar y régimen de humedad del suelo.

En los suelos mal drenados la velocidad de mineralización es lenta, por lo que presentaran contenidos de materia orgánica mayores que los suelos bien drenados. Cuando el está en cultivo periódico se produce una aceleración de la mineralización, de forma que la materia orgánica preexistente disminuye de forma exponencial. Según el predominio de una u otra fracción los suelos, por convención, se denominan: fulvático, humínicos y humáticos.

En los suelos de Cuba, los Ferralíticos y Ferríticos presentan un humus de tipo fulvático-humínico; en los tipos Húmicos carbonáticos el humus se clasifica como humático-humínico; en los suelos pardos sin carbonatos se conoce como fulvático-humínico y en los Oscuros plásticos pueden ser humínico- humático o humático-humínico, según sea el proceso de humificación.

A continuación se presentan algunos criterios evaluativos de la calidad del humus que son de gran interés en los estudios edafogenéticos y en el manejo de los suelos.

Relación ácido húmico: ácido fúlvico (AH:AF)

Esta relación caracteriza el grado de humificación de la materia orgánica del suelo.

En suelos cubanos esta relación está asociada a las características del suelo heredadas de la roca madre (contenido de hierro, bases, tipo de arcilla, etc.). Así por ejemplo, en suelos Ferralíticos esta relación presenta valores inferiores a 1; mientras que en suelos con arcilla 2:1 y Oscuros, esta relación es superior a 1, pudiendo en ocasiones llegar a 2, como sucede en algunos suelos Oscuros plásticos.

Relación $E_4:E_6$

Indica el grado de complejidad del humus del suelo. Esta relación se obtiene al medir y relacionar la densidad óptica de los extractos de sustancias húmicas a las longitudes de onda de 465nm (E_4) y de 665nm (E_6)

Esta relación resulta menor en la medida en que las sustancias orgánicas del suelo sean menos complejas. En las condiciones de los suelos de Cuba el valor de esta relación cambia con el grado de desarrollo del suelo, por ello, en suelos como los Ferralíticos esta relación es alta (mayor de 5), mientras que en suelos poco desarrollados esta relación resulta inferior a 5.

Relación C:N

Esta relación define el grado de transformación de las sustancias orgánicas; la misma resulta muy estable para cada suelo, variando solo en dependencia del uso que tenga el mismo. Una relación C:N alta significa inmovilización de nitrógeno, mientras que una relación baja es índice de mineralización de la materia orgánica y del nitrógeno que contiene.

En condiciones naturales los suelos de Cuba, como promedio presentan una relación C:N de 10 a 15 en el horizonte A. Sin embargo aunque cada tipo genético posee un valor característico, así los suelos Pardos con carbonatos tienen un valor promedio de 11.0, los Pardos grisáceos 11.9, los Ferralíticos pardo rojizos 9.7; etc.

En suelos sujetos al proceso de erosión, pueden presentarse grandes variaciones del valor de la relación y el contenido de carbono, aún dentro del mismo tipo genético de suelos. Estas fluctuaciones están determinadas por una parte, por el proceso erosivo que deja al descubierto horizontes inferiores con contenidos de carbono y relación C:N menores; y por otra, ocurre el proceso opuesto cuando en el suelo al ser abandonado para su uso agrícola, se instala una abundante vegetación arbustiva de pobre calidad, que incorpora al suelo restos ricos en ligninas. La actividad biológica es baja debido al poco poder de almacenamiento de agua, y por esta razón, se acumula en la superficie un humus con relación C:N más alta y un contenido de carbono modesto.

La relación C:N disminuye en la medida que se profundiza en el perfil, lo que es motivado por varias causas como son: una mayor cantidad en la superficie de restos vegetales parcialmente humificados y por consiguiente con una relación C:N más alta y a la migración en profundidad de compuestos nitrogenados inorgánicos y orgánicos, mientras que los compuestos húmicos que contienen al carbono tienen una movilidad más restringida.

La relación ponderal C:N se calcula tomando como base los contenidos de C y N en %, reportados por los análisis de suelo.

ABONOS ORGÁNICOS GENERALIDADES

Durante muchos años los abonos orgánicos fueron la única fuente utilizada para mejorar y fertilizar los suelos. Primero en sus forma simples como son los residuos de origen vegetal y animal, y después en sus formas más elaboradas tales como "compost" y otros.

Con el desarrollo de la industria y la producción de los fertilizantes químicos, al finalizar la segunda guerra mundial en el año 1945, el uso de los fertilizantes químicos prevaleció en el mundo; especialmente en la producción agrícola intensiva, ocasionando deterioro en los suelos y contaminación del medio ambiente. Esa situación es preocupación en todo el mundo, actualmente se están realizando acciones para lograr la producción de alimentos por medio del establecimiento y desarrollo de la agricultura sostenible, en la que la utilización de abonos orgánicos, abonos verdes y la rotación adecuada de las cosechas, constituyen la base para la sustitución de fertilizantes químicos, proporcionar al suelo los elementos que necesitan las plantas y mantener el equilibrio ecológico.

Las condiciones de altas temperaturas y humedad crean un medio favorable para mantener permanentemente un fuerte proceso de mineralización de la materia orgánica con pérdida de gran parte de los productos obtenidos a causa del arrastre por las lluvias o de su lavado hacia capas inferiores del perfil del suelo, hasta profundidades inalcanzables por las raíces de las plantas.

No es posible alcanzar sostenibilidad en la agricultura, si no se tiene como base fundamental la fertilidad del suelo, la cual propicie no sólo mayores rendimientos sino además disminución en las labores agrotécnicas a practicar incluyendo menor necesidad de riego por su mayor capacidad de retención de agua y eliminación de aplicación de productos fitosanitarios al mantener a las plantas en mejores condiciones para contrarrestar la posible incidencia de plagas y enfermedades.

Alcanzar la mayor eficiencia en el uso de todo tipo de materia orgánica que puedan ser procesadas como abonos orgánicos para su aplicación al suelo, constituye una tarea de primer orden para los productores, funcionarios y científicos que de una u otra forma intervienen en el proceso de producción agrícola.

Concepto.

El abono orgánico es un producto natural resultante de la descomposición de materiales de origen vegetal, animal o mixtos, que tiene la capacidad de mejorar la fertilidad del suelo y por ende la producción y productividad de los cultivos

Composición de los restos orgánicos.

Los tejidos vegetales vivos están constituidos por un 75% de agua y un 25 % de materia seca, formada a su vez por un 10 % de componentes minerales, siendo el resto componentes orgánicos.

Los componentes orgánicos de los tejidos son; oxígeno que constituyen el 90 % seguido del nitrógeno, azufre, fósforo, potasio, calcio, magnesio y una serie de elementos que las plantas requieren en cantidades muy pequeñas y constituyen los microelementos o micronutrientes.

Todos los vegetales están constituidos, en orden de importancia decreciente, por hidrógeno carbono y elementos químicos que se hayan integrados en estructuras tales como carbohidratos y proteínas que son fácilmente hidrolizables, las ligninas, los lípidos, las ceras y las resinas, de difícil descomposición y los compuestos fenólicos, además contiene pigmentos, vitaminas, fermentos, ácidos orgánicos de baja masa molecular y elementos de cenizas. De esta forma al suelo se incorpora una mezcla de compuestos orgánicos de diferente naturaleza bioquímica, los cuales difieren por su resistencia a la descomposición microbiana.

Compostaje. Generalidades

La elaboración de compost que también se conoce como biotierra no es una práctica nueva pues se elabora desde hace siglos en el Asia. Es una técnica relativamente simple que puede ser aplicada en cualquier lugar en que se originen desechos orgánicos, ya que no es más que la elaboración de humus fuera del suelo. De esa manera los desechos orgánicos se transforman en un biofertilizante de alta calidad nutritiva y mejorador de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

El compostaje es un proceso biológico aerobio, que bajo condiciones de aireación, humedad y temperaturas controladas y combinando fases mesófilas (temperatura y humedad medias) y termófilas (temperatura superior a 45%), transforma los residuos orgánicos degradables, en un producto estable e higienizado, aplicable como abono o sustrato.

Es decir, el compostaje es una técnica de estabilización y tratamiento de residuos orgánicos biodegradables. El calor generado durante el proceso (fase termófila) va a destruir las bacterias patógenas, huevos de parásitos y muchas semillas de malas hierbas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado.

La elaboración de compost es el resultado de una actividad biológica compleja que se realiza en condiciones particulares por lo que, no resulta de un único proceso. Es en realidad, la suma de una serie de procesos metabólicos complejos procedentes de la actividad integrada de un conjunto de microorganismos. Los cambios químicos y especies involucradas en el mismo varían de acuerdo a la composición del material que se quiere compostar. El producto obtenido al final de un proceso de compostaje recibe el nombre de compost y posee un importante contenido en materia orgánica y nutrientes, pudiendo ser aprovechado como abono orgánico o como sustrato.

Ventajas del compostaje.

Desde el punto de vista ecológico e industrial las ventajas del compostaje se manifiestan en la eliminación y reciclado de muchos tipos de residuos solventando los problemas que ocasionaría su vertido, y en la obtención de materiales apropiados para su uso en la agricultura. En este último sentido se persigue aumentar la similitud entre la materia orgánica de los residuos y el humus de los suelos, eliminar los posibles productos tóxicos que puedan permanecer en los residuos por la descomposición incompleta de los materiales, y aumentar la estabilidad biológica o resistencia a la biodegradación, con lo que se resuelven o atenúan los efectos desfavorables de la descomposición de los restos orgánicos sobre el propio suelo.

Beneficios del uso del compost.

Entre los beneficios del compostaje se incluyen:

Acondicionamiento del suelo. La utilización del compost como enmienda orgánica o producto restituidor de materia orgánica en los terrenos de labor tiene un gran potencial e interés en Cuba, ya que la presencia de dicha materia orgánica en el suelo en proporciones adecuadas es fundamental para asegurar la fertilidad y evitar la desertificación a largo plazo. Además, cabe comentar que la materia orgánica en el suelo produce una serie de efectos de repercusión agrobiológica muy favorables como se señalan en el capítulo de la materia orgánica y se explican a continuación:

Mejora las propiedades físicas del suelo. La materia orgánica contribuye favorablemente a mejorar la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo agrícola (serán más permeables los suelos pesados y más compactos los ligeros), aumenta la permeabilidad hídrica y gaseosa, y contribuye a aumentar la capacidad de retención hídrica del suelo mediante la formación de agregados.

Mejora las propiedades químicas: La materia orgánica aporta macronutrientes N, P, K y micronutrientes, y mejora la capacidad de intercambio de cationes del suelo. Esta propiedad consiste en absorber los nutrientes catiónicos del suelo, poniéndolos más adelante a disposición de las plantas, evitándose de esta forma la lixiviación. Por otra parte, los compuestos húmicos presentes en la materia orgánica forman complejos y quelatos estables, aumentando la posibilidad de ser asimilados por las plantas.

Mejora la actividad biológica del suelo: La materia orgánica del suelo actúa como fuente de energía y nutrición para los microorganismos presentes en el suelo. Estos viven a expensas del humus y contribuyen a su mineralización. Una población microbiana activa es índice de fertilidad de un suelo.

Tanto el compost como los estiércoles son buenos acondicionadores del suelo con valor fertilizante. Normalmente el estiércol que se añade al suelo directamente, proporciona calidades comparables a las que alcanzaría con el compost.

Sin embargo, el acondicionamiento del suelo no justifica por sí solo hacer compost a partir de estiércoles. Hay beneficios complementarios por la utilización de compost como es el caso de que convierte el contenido del nitrógeno presente en los estiércoles en una forma orgánica más estable. Por tanto, esto produce unas menores pérdidas de nitrógeno el cual permanece en forma menos susceptible de lixiviarse y por tanto, de perder amoníaco. Además el calor generado mediante el proceso de compostaje reduce la viabilidad de las semillas que pudieran estar presentes en el estiércol.

Disminuye los riesgos de contaminación y malos olores. En la mayoría de las granjas, el estiércol es más un residuo que un subproducto con valor añadido. Los principales inconvenientes son los olores y la contaminación por nitratos. El compostaje puede principalmente disminuir estos problemas.

Destruye los patógenos: La destrucción de patógenos durante la fase termófila permite la utilización no contaminante del abono orgánico. En la Tabla 1 se recoge la temperatura y el tiempo necesario para la destrucción de algunos de los patógenos y parásitos más comunes que pueden estar presentes en el residuo a compostar.

Materiales de partida para el proceso de compostaje.

La obtención de un buen compost depende fundamentalmente de la composición y preparación de la materia orgánica de partida. Esta puede experimentar variaciones en función de diversos factores del proceso de compostaje, maduración, y del proceso final (refinado y depuración).

Como materia compostable puede utilizarse cualquier producto orgánico fermentable. La clasificación de los residuos compostables se puede realizar en base a distintos criterios:

Residuos provenientes de la actividad ganadera:

- Estiércoles.
- Orines.
- Pelos y plumas.
- Huesos.

Tabla: 1. Temperatura y tiempo de exposición necesario para la destrucción de los parásitos y patógenos más comunes, (Golueke, 1972).

Organismo	Temperatura y tiempo de exposición
<i>Salmonella typhosa</i>	Se elimina rápidamente en el montón de compost. Suficientes 30 min a 55 a 60° C para su eliminación. No se desarrolla a temperaturas superiores a 46° C.
<i>Salmonella sp.</i>	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C o 15 a 20 min a 60°C
<i>Shigella sp.</i>	Se destruye al exponerse 1 hora a 55° C
<i>Escheirchia coli</i>	La mayoría mueren con una exposición de 1 hora a 55° C o 15 a 20 min a 60° C.
<i>Taennia saginata</i>	Se elimina en unos pocos minutos a 55°C.
<i>Larvas de Trichinella spiralis</i>	Mueren rápidamente a 55°C e instantáneamente a 60° C.
<i>Brucella abortus</i>	Se elimina con exposiciones entre 62 a 63° C durante 3 min o a 55° C durante 1 hora,
<i>Micrococcus pyogenes var. aureus</i>	Muere después de 10 min de exposición a 50° C.
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Muere después de 10 min a 54° C.
<i>Mycobacterium tuberculosis var. Hominis</i>	Muere después de 15 a 20 min a 66° C o instantáneamente a 67° C
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Se elimina por exposición durante 45 min a 55° C.
<i>Huevos de Ascaris lumbricoides</i>	Mueren en menos de una hora a temperaturas superiores a 55° C.

Residuos provenientes de la actividad agrícola:

- Rastrojos de los cultivos.
- Residuos de podas de árboles y arbustos.
- Residuos de malezas.

Residuos provenientes de la actividad forestal:

- Aserrín.
- Hojas y ramas.

- Cenizas.

Residuos provenientes de la actividad industrial:

- Pulpa de café.
- Bagazo de la caña de azúcar.
- Cachaza.

Residuos provenientes de la actividad urbana:

- Basura doméstica
- Aguas residuales.

Los residuos sólidos urbanos (RSU), lodos de depuradora, residuos agro-industriales y ganaderos, contienen una gran cantidad de materia orgánica que puede ser usada con fines agrícolas. Algunos de estos residuos requieren que la fracción orgánica sea separada de los materiales inertes, como es el caso de los RSU. Otros requieren una reducción de tamaño y en algunos casos un acondicionamiento químico biológico antes de su incorporación al suelo.

Proceso de compostaje.

El compostaje es un proceso donde ocurren una serie de biotransformaciones oxidativas similares a las que ocurren en el suelo, que actúan sobre la materia orgánica mineralizando la fracción más fácilmente asimilable por los microorganismos y humificando los compuestos más difícilmente atacables. El resultado final es la obtención de un compuesto parcialmente mineralizado y humificado que puede sufrir mineralizaciones posteriores más lentas una vez que incorporado al suelo.

En un proceso de compostaje pueden distinguirse diferentes etapas. En primer lugar y dependiendo de la materia prima de partida, suele ser necesario realizar tratamientos del material previos para facilitar la fase de fermentación propiamente dicha. Por ejemplo, en el caso de residuos líquidos ganaderos, su alto porcentaje de humedad exige un tratamiento previo de desecación o bien su mezcla con otros agentes sólidos como residuos agrícolas y forestales. En la misma situación están los desechos agrícolas y forestales, debido a su bajo contenido en nitrógeno, es aconsejable mezclarlos con fuente nitrogenadas como estiércoles, purines o subproductos, de origen animal (harinas de carne o de pescado, etc.) En general, los pretratamientos llevados a cabo están en función del uso final del producto.

El compostaje espontáneo de la materia orgánica se produce en la naturaleza. Sin embargo, para que el compostaje de residuos sea adecuado para su desarrollo industrial debe adaptarse a requisitos básicos como ser rápido, tener bajo consumo de energía, garantizar la calidad del producto final, la higiene de producción, etc. Para ello, el proceso debe ser cuidadosamente controlado atendiendo a los siguientes parámetros de operación: composición de materia prima, temperatura, humedad, aireación, relación C/N y pH. Finalizada la etapa de compostaje y maduración del compost obtenido se lleva a cabo un procesado final en el que se controla la granulometría y la presencia de material inerte.

Principales parámetros de control en el proceso de compostaje.

En el proceso de compostaje el principio básico más importante es el hecho de que se trata de un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, y por tanto, tiene todas las ventajas y limitaciones de este tipo de procesos. Según esto, los factores que afectan a los microorganismos son los que requieren mayor control a lo largo del

proceso. Entre estos factores están: la aireación, el contenido en humedad, temperatura, pH, los factores nutricionales y la relación C/N.

Temperatura

Durante el proceso de compostaje la temperatura varía dependiendo de la actividad metabólica de los microorganismos. De acuerdo a este parámetro, el proceso de compostaje se puede dividir en cuatro etapas: mesófila, termófila, enfriamiento y maduración. (ver figura 4).

La temperatura se debe controlar, ya que, por una parte, las temperaturas bajas suponen una lenta transformación de los residuos, prolongándose los tiempos de retención, y, sin embargo, las temperaturas elevadas determinan la destrucción de la mayor parte de los microorganismos (pasteurización), fenómeno que sólo debe permitirse al final del compostaje, para asegurar la eliminación de patógenos.

Aireación:

Es un factor importante en el proceso de compostaje y, por tanto, un parámetro a controlar. Como ya se ha comentado, el proceso de compostaje es un proceso aerobio, por lo que se necesita la presencia de oxígeno para el desarrollo adecuado de los microorganismos. La aireación tiene un doble objetivo, aportar por una parte el oxígeno suficiente a los microorganismos y permitir al máximo la evacuación del dióxido de carbono producido. La aireación debe mantenerse en unos niveles adecuados teniendo en cuenta además que las necesidades de oxígeno varían a lo largo del proceso, siendo bajas en la fase mesófila, alcanzando el máximo en la fase termófila y disminuyendo de nuevo al final del proceso.

La aireación no debe ser excesiva, puesto que pueden producir variaciones en la temperatura y en el contenido en humedad. Así, por ejemplo, un exceso de ventilación podría provocar evaporación que inhibiría la actividad microbiológica hasta parar el proceso de compostaje. Esto podría dar la impresión de que el proceso ha concluido. Por otra parte, el exceso de ventilación incrementaría considerablemente los gastos de producción.

Humedad:

La humedad es un factor muy relacionado con el anterior. Los microorganismos necesitan agua como vehículo para transportar los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima se puede situar alrededor del 55% aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad disminuye demasiado, disminuye la actividad microbiana con lo cual el producto obtenido será biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta, el agua saturará los poros e interferirá la distribución del aire a través del compost. En procesos en los cuales los principales componentes sean sustratos tales como serrín, astillas de madera, paja y hojas secas se necesita una mayor humedad, mientras en materiales como los residuos de alimentación, etc., la humedad necesaria es mucho menor.

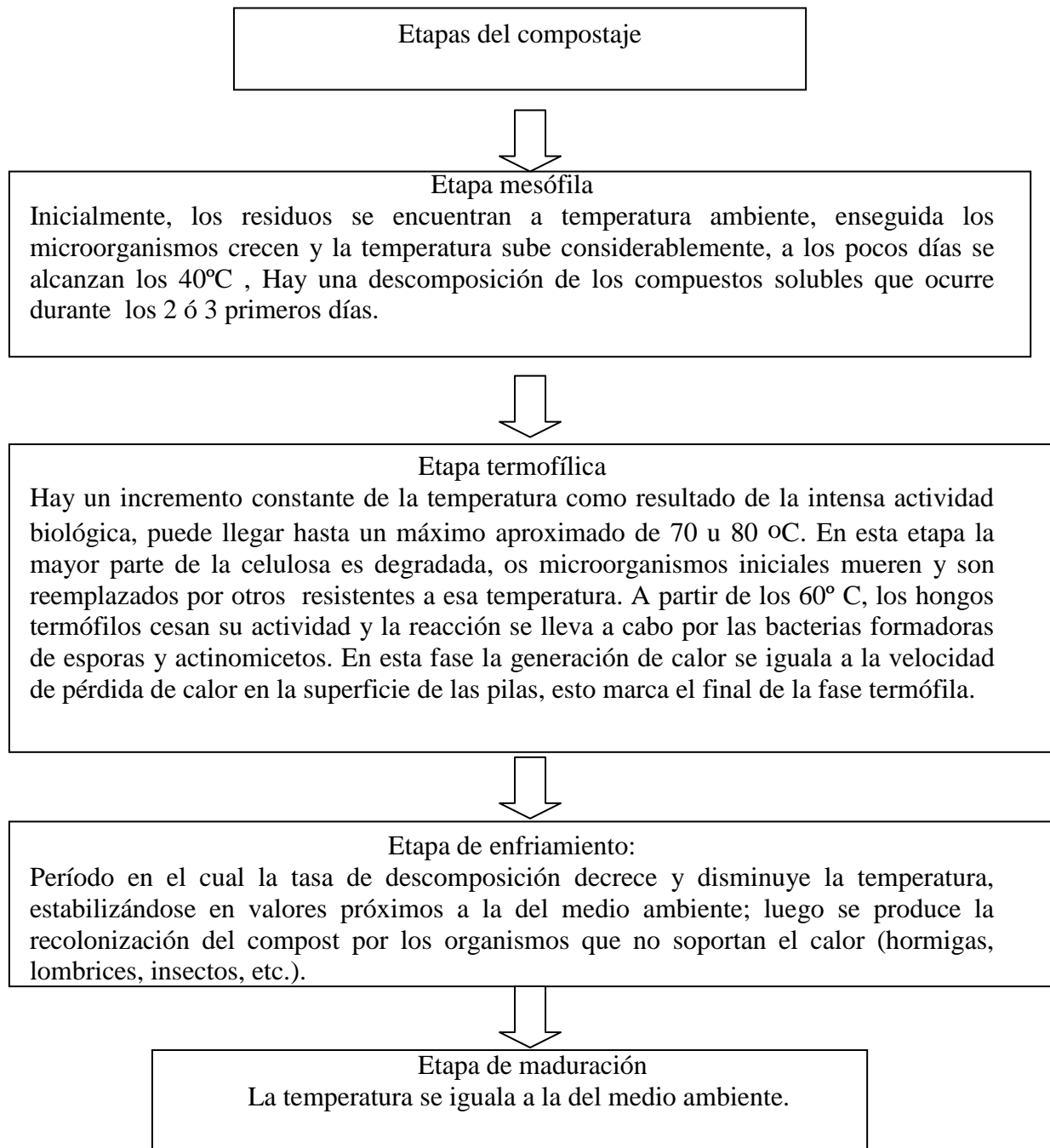


Figura: 4. Etapas del proceso de compostaje.

pH

Durante el proceso de compostaje se producen diferentes fenómenos o procesos que hacen variar este parámetro. Al principio y como consecuencia del metabolismo, fundamentalmente bacteriano, que transforma los complejos carbonados de fácil descomposición en ácidos orgánicos, el pH desciende; seguidamente el pH aumenta

como consecuencia de la formación de amoníaco, alcanzando el valor más alto (8,5), coincidiendo con el máximo de actividad de la fase termófila. Finalmente, el pH disminuye en la fase final o de maduración (pH entre 7 y 8) debido a las propiedades naturales de amortiguador o tampón de la materia orgánica.

Factores nutricionales

Con respecto a los factores nutricionales, el carbono es utilizado por los microorganismos como fuente de energía y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. Las dos terceras partes del carbono son quemadas y transformadas en CO₂ y el restante entra a formar parte del protoplasma celular de los nuevos microorganismos para la producción de proteínas. Además, se necesita la absorción de otros elementos entre los cuales el más importante es el nitrógeno y en menores cantidades el fósforo y el azufre. Las formas de carbono más fácilmente atacables por los microorganismos son los azúcares y las materias grasas. El nitrógeno se encuentra en casi su totalidad en forma orgánica de donde debe ser extraído o modificado por los microorganismos para poder ser utilizado por éstos.

Relación C/N

La relación C/N de la masa a compostar es un factor importante a controlar para obtener una fermentación correcta con un producto final de características adecuadas. A medida que transcurre el compostaje, esta relación se hace cada vez menor.

La relación óptima C/N inicial está comprendida entre 25 a 35. Si es superior a 35, el proceso de fermentación se alarga considerablemente hasta que el exceso de carbono es oxidado y la relación C/N desciende a valores adecuados para el metabolismo. Si es inferior a 25 se producen pérdidas considerables de nitrógeno en forma de amoníaco.

Cuando la relación C/N es elevada se podrá hacer descender artificialmente, ya sea quitando celulosa, es decir reduciendo el carbono o aumentando el contenido de nitrógeno, por ejemplo con adición de alguna fuente nitrogenada como estiércoles de pollo o productos o subproductos de origen animal, si el compost es para agricultura ecológica.

Aspectos microbiológicos del compostaje.

El compostaje, como ya se ha mencionado anteriormente, es un proceso dinámico en el que se producen una serie de cambios físicos y químicos debido a la sucesión de complejas poblaciones microbianas. La naturaleza y número de microorganismos presentes en cada etapa dependen del material inicial.

Al comienzo del compostaje el material se encuentra a temperatura ambiente y la flora mesófila presente en los materiales orgánicos empieza a desarrollarse utilizando los hidratos de carbono y proteínas más fácilmente asimilables. La hidrólisis y asimilación de polímeros por los microorganismos es un proceso relativamente lento, por tanto, la generación de calor disminuye hasta alcanzar la temperatura ambiente, alrededor de los 40° C, y los organismos mesófilos (actinomicetos, hongos y bacterias mesófilas) reemprenden su actividad.

La intensa actividad metabólica de estos organismos, fundamentalmente hongos y bacterias, provocan la elevación de la temperatura en el interior de la masa en

compostaje. Al aumentar la temperatura empiezan a proliferar bacterias y sobre todo hongos termófilos que se desarrollan desde los 40° C hasta los 60°C. Estas especies empiezan a degradar la celulosa y la lignina, con lo cual la temperatura sube hasta los 70 ° C, apareciendo poblaciones de actinomicetos y bacterias formadoras de esporas. Durante varios días se mantiene a esta temperatura, en una fase de actividad biológica lenta, en la que se produce la pasteurización del medio. Aunque la celulosa y la lignina a estas temperaturas se ataca muy poco, las ceras, proteínas y hemicelulosas se degradan rápidamente.

Cuando la materia orgánica se ha consumido, la temperatura empieza a disminuir (el calor que se genera es menor que el que se pierde) y las bacterias, fundamentalmente los hongos mesófilos, reinvasen el interior del compost utilizando como fuente de energía la celulosa y la lignina residuales.

Como consecuencia de las elevadas temperaturas alcanzadas durante el compostaje se destruyen las bacterias patógenas y parásitos presentes en los residuos de partida.

Un aspecto que ha sido ampliamente discutido es el posible interés de inocular las pilas de compostaje con microorganismos para facilitar o mejorar la evolución de un compost. Los estudios realizados en este sentido parecen indicar que la inoculación no produce grandes mejoras, y raramente los microorganismos son un factor limitante ya que cuando las condiciones ambientales son las adecuadas ellos se encuentran de forma natural en el material a compostar y están más adaptados que aquellos preparados en el laboratorio.

Materiales iniciales.

Los ingredientes para el compostaje suelen ser subproductos orgánicos o materiales residuales. Es raro que un solo material residual tenga todas las características requeridas para un compostaje eficaz. Por tanto, es necesario mezclarlo con otros diferentes en proporciones adecuadas, para obtener una mezcla con las características necesarias para llevar a cabo el proceso de compostaje.

En la tabla 2 se muestran las características deseables de la mezcla de materiales de partida para llevar a cabo el compostaje

Tabla: 2. Índice adecuado para materiales de partida.

Índice	Rango razonable	Rango preferido
Relación C/N	20 a 40	25 a 30
Contenido en humedad	40 a 65%	50 a 60%
pH	5,5 a 9	6,5 a 8,5

Tabla: 3. Composición química de algunos materiales utilizados para el compostaje..

Material	Materia orgánica	Nitrógeno (N)	Fósforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Carbono nitrógeno
Paja de arroz	80	60	30	1.60	77\1
Cascarilla de arroz	80	70	40	.80	66\1
Aserrín	88	08	03	1.10	638\1
Falso tallo del plátano	80	80	20	7.50	58\1
Hojas de plátano	85	1.50	19	2.80	32\1

Bagazo de caña de azúcar	90	50	28	.99	104\1
Paja de caña de azúcar	85	1.0	24	2.0	49\1
Cogollo de caña de azúcar	88	70	17	.80	73\1
Pulpa de café	90	1.80	30	3.50	29\1
Hoja de café	93	1.40	20	1.90	38\1
Hojas de árboles	71	1.0	25	1.20	41\1
Hierba recién cortada	90	1.20	40	1.60	43\1
Hierba seca (gramíneas)	70	.50	30	.90	81\1
Crotalaria	91	1.95	40	1.81	27\1
Hojas de fríjol	93	2.0	58	2.2	27\1
Restos de hortalizas	70	1.10	29	.70	37\1
Hojas de leucaena	75	4.5	22	1.9	10\1
Paja de maíz	97	18	38	1.64	312\1
Mazorca de maíz	85	42	ç10	.90	117\1
Hollejo de naranja	73	74	1.32	86	57\1
Palo de tabaco	71	2.17	54	2.78	19\1
Cáscara de yuca	59	.31	36	44	129\1
Hoja de yuca	92	1.35	72	1.5	39\1
Cangre de yuca	95	1.31	35	1.45	42\1
Desperdicios de cocina	65	2.64	90	1.0	14\1
Lodos residuales sólidos	60	3.0	1.3	20	12\1
Residuos de podas	61	80	15	90	44\1
Basura urbana (fresca)	63	60	48	83	61\1
Basura urbana vieja	19	1.93	80	40	6\1
Cachaza	79	2.1	2.32	1.23	22\1
Vacuno fresco	65	1.50	62	90	25\1
Gallinaza camada	54	1.70	1.20	1.0	18\1
Estiércol porcino	45	2.5	60	50	10\1
Estiércol ovino caprino	30	.55	26	25	32\1
Estiércol equino	17	42	30	70	24\1
Estiércol de conejo	40	1.25	1.01	1.18	19\1
Turba costera(baja)	82	2.8	57	03	17\1
Turba interior (alta)	60	1.12	71	14	31\1
Guano de murciélago	48	3.5	5.25	80	8\1
Guano fósil de murciélagos	23	75	15.0	55	18\1
Cenizas	-	02	1.90	6.0	-
Residuos de henequén	61	1.50	49	.43	24\1
Residuos de maní	95	4	1.71	1.21	14\1
Residuo de cervecería	96	4.12	.57	10	14\1
Residuo de girasol	76	3.17	52	2.40	14\1
Pulpa de cacao	91	3.21	1.15	3.74	16\1
Gallinaza pura	45	3.50	2.50	1.60	7\1
Purín(orina animal)	3	3	.05	83	-

Aunque la lista de materiales que pueden ser utilizados para compostaje es muy numerosa, en la tabla 3 aparecen algunos de ellos que pueden servir de ejemplos.

De todos los materiales listados resulta interesante destacar:

El estiércol de vacuno es un material rico en nitrógeno y muy húmedo. Su humedad y relación C/N van a depender de la cantidad de cama utilizada, de las prácticas de manejo, del tipo de operación y del clima. Generalmente este residuo requiere su mezcla con materiales secos y ricos en carbono, con frecuencia son necesarios de dos a tres volúmenes de enmienda por volumen de estiércol. El riesgo de olores es relativamente bajo si se compostea durante unas pocas semanas ya que se descompone rápidamente.

El aserrín es un material con bajo contenido en humedad y alto contenido en carbono, su degradabilidad es de moderada a pobre. En general, es buen absorbente de humedad y olores. Normalmente está disponible a bajo costo. Se trata de un enmendante del compostaje de bueno a moderado.

Las hojas son relativamente secas y tienen un alto contenido en carbono. Presentan buena degradabilidad si están troceadas, su absorción de humedad es moderada. Presenta un riesgo potencial debido a la presencia, piedras, bolsas de plástico sobre todo si proceden de recogida urbana. Se trata de un producto muy estacional por lo que es necesario acopiarlo o un manejo especial (distribución en el tiempo). Como material para ser utilizado para compostar es de bueno a moderado.

Las astillas o virutas de madera suelen ser un material seco y con alto contenido en carbono. Tienen gran tamaño de partícula, lo que proporciona una excelente estructura pero muy baja degradabilidad. En general, se utilizan como agente "bulking" (de relleno, para dar volumen) en el compostaje con aireación forzada.

El Guano de murciélago se produce en cuevas por la acumulación de deyecciones y cuerpos de esos mamíferos en donde habitan y que a veces constituyen grandes reservas de abonos orgánicos ricos en fósforo. En Cuba existen grandes depósitos de este abono orgánico especialmente en las provincias de Camagüey y Pinar del Río. Su explotación requiere de medidas sanitarias estrictas.

Las turbas constituyen acumulación y depósito de materia orgánica producidas en zonas donde la acumulación y permanencia del agua en la superficie del suelo, por largo tiempo limitan la actividad microbiana. La calidad y contenidos de nutrientes de la turba dependen de la naturaleza de los residuos orgánicos y de su grado de descomposición.

La cachaza se obtiene como resultado del proceso de clarificación de los jugos de caña en la industria azucarera, por medio de la alcalización con Ca(OH)_2 y la aplicación de calor, lográndose coagular y precipitar los sólidos del jugo y después separarlos por decantación y filtración. La cachaza es un abono rico en materia orgánica, fósforo y calcio. La producción de cachaza equivale al 3 a 4 % del peso de la caña que procesa el central. En Cuba para una producción de siete millones de toneladas de azúcar se tiene un potencial de producción de cachaza de aproximadamente dos millones de toneladas.

El uso de la cachaza como abono orgánico resulta factible porque los centrales azucareros que la producen están ubicados y distribuidos en todo el país. Eso facilita una distribución adecuada para utilizarlo en los lugares que sean más necesarios.

La Gallinaza es un abono orgánico procedente de las excretas y otros residuos producidos en los lugares donde se cría intensivamente aves para la producción de huevos y carnes. Este abono orgánico en su estado fresco contiene muchas sustancias que se encuentran en proceso de descomposición y cuando se aplican producen alteraciones en el suelo y afectaciones a las plantas. Por esa razón se hace necesario que antes de utilizarlos se halla logrado su fermentación y descomposición.

Además, en muchas ocasiones se utiliza en los gallineros y polleras cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) para eliminar los malos olores y como medida de saneamiento. La misma tiene efecto residual en la gallinaza y presenta reacción alcalina. En esos casos debe tenerse presente que ese abono orgánico puede afectar a cultivos que necesitan pH bajo para su desarrollo, como es el caso del café, la piña y otros.

Condiciones necesarias para el establecimiento de sistemas de compostaje.

Elección del lugar

El lugar elegido para realizar el compostaje deberá ser de fácil acceso, situado de tal manera que el transporte de los materiales no sea de largo recorrido y tendrá una superficie firme que soporte el tránsito de vehículos bajo diversas condiciones climatológicas. Generalmente, en una finca el sitio más adecuado es cerca del estercolero. Sin embargo, la conveniencia de un sitio determinado debe sopesarse frente a factores tales como el área disponible, la proximidad a núcleos de población, la visibilidad y el control de los lixiviados.

A la hora de diseñar una instalación de compostaje hay que realizar un estudio previo en el que se incluyan factores como la dirección predominante del viento, el fácil acceso a vías de tráfico, los usos a que se dedican las tierras colindantes, el desnivel del terreno, los patrones de escorrentía, así como la localización de humedades u otros sistemas acuáticos.

Distancia de separación

Es importante que exista una zona de amortiguación o distancia de separación entre una instalación de compostaje, los acuíferos y los núcleos de población vecinos para mantener un control de la calidad del agua y evitar factores molestos tales como malos olores y ruidos de la maquinaria.

Requisitos de desagüe

Para que un sitio sea adecuado para el compostaje uno de los requisitos que ha de cumplir es que tenga un buen drenaje. Emplazamientos con mal drenaje dan lugar a encharcamientos, a materiales de compostaje saturados de agua, a sitios fangosos que dificultan las labores de equipos y operarios y a una excesiva producción de lixiviados. Idealmente, el sitio debe tener pocas piedras ya que estas podrían mezclarse con los materiales a compostar y producir daños en la maquinaria. Si las condiciones del suelo no

son aceptables es suficiente una compactación de grava o arena para evitar problemas de una superficie impermeable en caso de suelos con un buen drenaje y con la capa freática muy alta (1 a 1,5 m). Las superficies asfaltadas sólo son necesarias en determinados casos, para almacenar materiales húmedos o cuando se usa cierta maquinaria pesada, de lo contrario encarece demasiado el proceso.

Para evitar que se formen charcos de una manera permanente, la inclinación del terreno en el sitio de compostaje ha de ser como mínimo de un 1%, aunque lo ideal es entre 2 y 4%. Sitios con pendientes superiores a 7% no son aconsejables, pues además de requerir mayor vigilancia de los lixiviados necesitan control de la erosión del suelo.

Las pilas de compost han de ir en paralelo a la pendiente del terreno, para evitar que haya acumulación de lixiviados en la parte alta de la pila (ver figura 7).

El sitio debe estar nivelado para evitar que el manejo de los lixiviados de lugar a una erosión del terreno. Los lixiviados deben ser conducidos a los pastos o a las tierras de cultivo o a una fosa colectora donde se almacenen para su uso posterior.

Consideraciones medioambientales para el compostaje

Desde el punto de vista medioambiental la elección de un sitio de compostaje estará influenciada por el método de compostaje que se vaya a utilizar y por los materiales que vayan a ser usados, evitándose en lo posible la producción de los malos olores, de polvo, de ruido y de lixiviados.

En lo referente a los olores, estos se minimizan con un buen manejo del sistema. Además a la hora de elegir el sitio hay que tener en cuenta la dirección preferente de los vientos durante las estaciones más calurosas.

En cuanto a los ruidos y a la producción de polvo resultantes tanto de las operaciones de compostaje como de los vehículos utilizados para el transporte hay que procurar hacer una planificación a lo largo del día y en las carreteras que se vayan a utilizar. El triturado de los materiales es una operación muy ruidosa que se deberá realizar cuando el ruido tenga el menor impacto posible. Los ruidos aumentarán a medida que el tamaño de la instalación sea mayor.

Dependiendo del tipo de material a comportar o del tipo de empresa, los ruidos pueden llegar a ser solo un factor estacional. Hay que prestar especial atención durante el verano ya que en esta estación las ventanas de las viviendas permanecen más tiempo abiertas y los vecinos están más tiempo fuera de sus casas.

En orden a evitar quejas, es conveniente que los lugares de compostaje saquen ventaja del paisaje natural, árboles, arbustos, etc. Deben de estar de lo más limpio posible, con césped, plantas a su alrededor, evitando las malas hierbas que siempre dan una imagen descuidada y pueden ser foco de contaminación del propio compost.

El control de la contaminación exterior es, sin duda, el factor más importante. El agua sirve como vehículo para eliminar contaminantes potenciales. La lluvia puede percolar dando lugar a la formación de lixiviados que pueden llevar compuestos contaminantes. Por tanto, hay que tratar de minimizar la producción de esos lixiviados.

Entre los posibles contaminantes que se pueden producir durante un compostaje de residuos agrícolas está el nitrógeno en forma de nitrato y en forma de amonio, así como compuestos orgánicos que se producen durante los procesos de descomposición. Si bien el nitrato puede ser un serio contaminante puesto que alcanza las aguas subterráneas, este se produce en concentraciones de carbono de la mayoría de las mezclas que se utilizan para comportar y a que las altas temperaturas que se alcanzan durante el proceso inhiben el crecimiento de los microorganismos nitrificantes. Por el contrario, no ocurre lo mismo en las pilas almacenadas y en procesos de maduración que son fuente potencial de nitratos.

La materia orgánica y el amonio pueden dar lugar a contaminación de las aguas superficiales debido a su consumo de oxígeno, lo que comúnmente se refiere como DBO o DQO (Demanda Biológica o Química de Oxígeno).

La presencia de pesticidas en los residuos de cosechas o de metales pesados en otro tipo de residuos tiene, normalmente, mayor impacto en la calidad del compost que en la contaminación del emplazamiento, pero puede haber otra clase de contaminantes procedentes de diferentes materiales, por eso es importante conocer la naturaleza de los residuos que se van a comportar.

El control de la contaminación no puede ser restringido al proceso de fabricación de compost. También el almacenamiento de los materiales a tratar y el producto final puede representar riesgos de contaminación a veces mayores que los del compost en fase activa.

Para evitar en lo posible la contaminación, deben observar las siguientes medidas:

Mantener las pilas de compost con un contenido en humedad inferior al máximo recomendado (65%) para minimizar la producción de lixiviados.

Combinar las materias primas en una proporción tal que el valor de la relación C/N esté dentro de los valores recomendados para evitar pérdidas de nitrógeno.

No permitir que las aguas y lixiviados que procedan de la zona de compostaje viertan a los cauces de aguas superficiales ya que muchos de los contaminantes que pueden causar problemas en lagos y ríos se eliminan de forma efectiva en el propio suelo. Las escorrentías pueden canalizarse hacia las tierras de cultivo, también pueden recogerse en sitios apropiados y ser posteriormente utilizadas para riego o para humedecer los materiales de compostaje que estén muy secos.

Evitar que el agua llegue a la zona de compostaje mediante apropiadas elevaciones del terreno.

Almacenar los materiales de partida y los compost terminados en zonas cubiertas, lejos de aguas superficiales y vías de drenaje.

Los materiales de partida que estén muy húmedos se han de almacenar bajo cubierta y a ser posible en una superficie impermeable con un sistema de recogida de lixiviados.

Sistemas de Compostaje.

Los sistemas de compostaje tienen como finalidad facilitar el control y la optimización de parámetros operacionales, para obtener un producto final con la suficiente calidad tanto desde el punto de vista sanitario como de su valor fertilizante. El acortamiento del tiempo del proceso, la disminución de los requisitos de espacio y energía y de la seguridad higiénica de la planta de tratamiento son también factores decisivos para el diseño de estos sistemas de compostaje. Los sistemas utilizados se pueden clasificar en dos grupos aquellos que son abiertos y los cerrados. En los primeros, el compostaje se realiza al aire libre, en pilas o montones, mientras que en los segundos, la fase de fermentación se realiza en reactores.

Los sistemas abiertos son los más utilizados en USA, mientras que los sistemas en fermentador son denominados con frecuencia "europeos" en razón de su origen. (ver figura 5).

Sistemas abiertos.

Los sistemas abiertos constituyen la forma tradicional de compostaje. Los substratos a compostear se disponen en montones o pilas que pueden estar al aire libre

o en naves. La aireación de la masa fermentable puede hacerse por volteo mecánico de la pila o mediante ventilación forzada. Esta última tiene la ventaja de permitir el control del nivel de oxígeno, así como de la humedad y de la temperatura. Además, supone menores costos y necesidad de menos espacio evitándose los inconvenientes del volteo de las pilas. Los sistemas más utilizados son los siguientes:

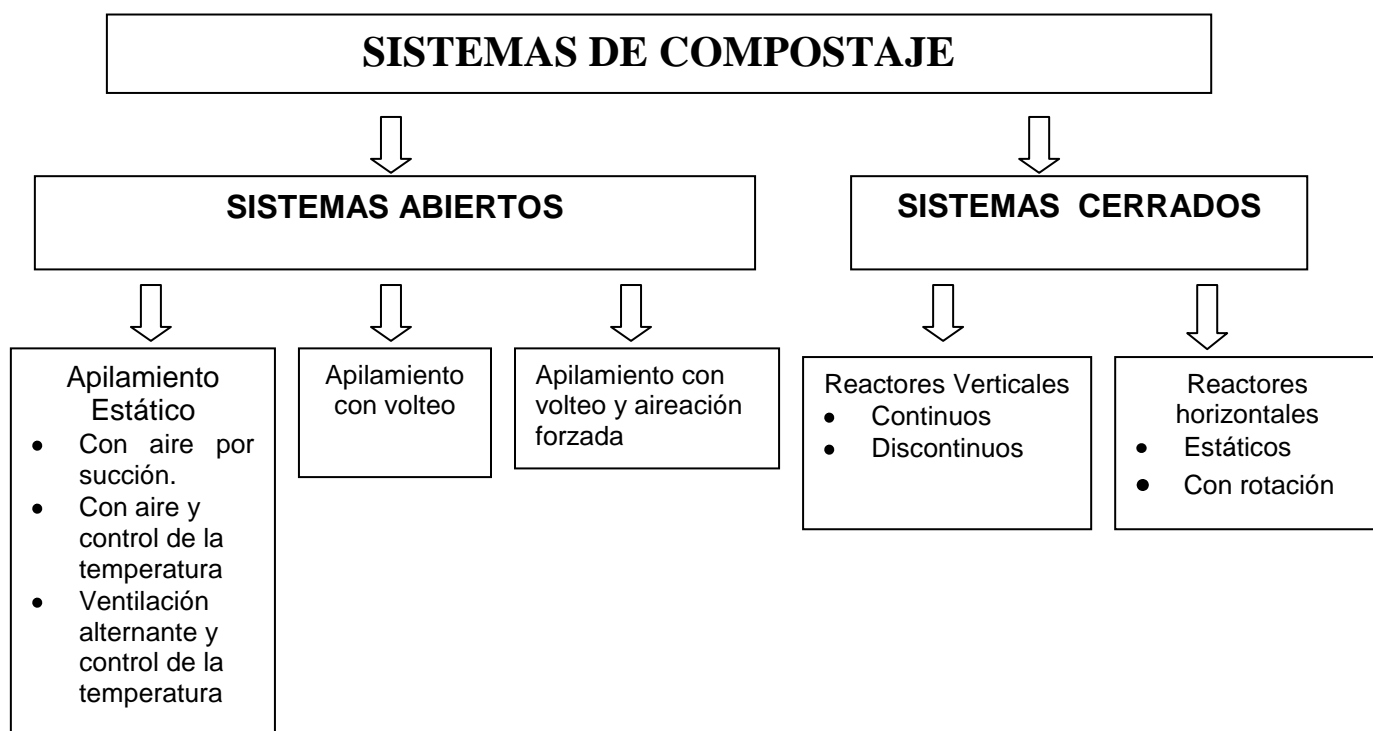


Fig. 5. Sistemas de compostaje.

Compostaje en pilas estáticas con aireación natural

Es el sistema más antiguo que se conoce y se realiza en pilas, de altura reducida, y no se mueven durante el compostaje. La ventilación es natural a través de los espacios de la masa a compostar. Las dimensiones de los montones pueden estar en función de los equipos utilizados para compostar, pero para este sistema, no interesa que sean más altos de 1,5 m, con una anchura en su base de unos 2,5 a 3m, y de la longitud deseada y de frente triangular, debiendo presentar mayor pendiente en los lugares o épocas más lluviosas.

Esta variante se presta para los centros de materia orgánica con bajos insumos en la Agricultura Urbana, para las unidades de producción, fincas de mediana y pequeña escala, parcelas y patios.

Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada

La pila de fermentación es estática y en su formación se ha dispuesto un sistema mecánico de ventilación por tuberías perforadas o por un canal empotrado en el piso. Las tuberías se conectan con un ventilador que asegura la entrada de oxígeno y la salida de CO₂. Esta ventilación puede hacerse por succión o inyección de aire o bien

mediante sistemas alternantes de succión e inyección. Con el sistema de succión, que es el empleado, por ejemplo, el método Beltsville en el compostaje de lodos de depuradora con astillas de madera, un flujo de aire alrededor de 0,2 m³/min/t a la entrada del succionador es suficiente para alcanzar una concentración de oxígeno del 15%. Con el fin de reducir los problemas de olores, el aire se pasa a través de una pila de compost maduro que actúa como filtro.

En el método Rutgers la aireación se consigue por succión con control de la temperatura, de esta forma al mismo tiempo que se aporta el oxígeno necesario se controla la temperatura. Este sistema tiene dos ventajas sobre el anterior, por un lado produce por la evaporación que ocasiona, una baja humedad del producto final garantizando una buena estabilidad; por otra parte, el control automático de temperatura evita periodos prolongados de temperatura elevada. Si bien una temperatura elevada inhibe la población microbiana tiene sin embargo, un efecto positivo sobre la reducción de patógenos. Por este motivo, hay sistemas que incluyen una fase inicial de succión de aire, que permite elevar la temperatura en pocos días, después la corriente de aire se invierte y se introduce en la masa, junto con un control de temperatura y se continúa el proceso.

Este método se utiliza para centros con mecanización.

Compostaje en pilas por volteo:

Aunque es un sistema muy utilizado porque es muy simple, tiene una serie de limitaciones. En primer lugar, la pila es oxigenada tan sólo periódicamente. Requiere, en general, más espacio y el control higiénico es más difícil. El tamaño de la pila fermentable es mayor que en el caso anterior, permitiendo alturas en torno a 2,5m. La frecuencia del volteo depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con que interesa que sea realizado el proceso. En la actualidad las nuevas tendencias se orientan hacia los sistemas de compostaje por volteo forzado por medio de volteadoras con control automático. El tiempo de fermentación o de estancia en el parque de volteo suele ser de dos a cuatro semanas, transcurrido este tiempo el compost deberá pasar al parque de maduración antes de proceder a su refinado y depuración.

Este sistema puede ser aplicable en los centros de abonos orgánicos de la Agricultura Urbana.

Sistemas cerrados.

Estos son los sistemas que se pueden llamar industrializados, puestos en marcha por entidades públicas o privadas y que generalmente se utilizan para compostar residuos en las proximidades de ciudades de tamaño medio o grande. En estos sistemas, como ya se ha mencionado anteriormente, la fase inicial de fermentación se realiza en reactores que pueden ser horizontales o verticales, mientras que la fase final de maduración se hace al aire libre o en naves abiertas. Son sistemas desarrollados para reducir considerablemente las superficies de compostaje, y lograr un mejor control de los parámetros de fermentación y controlar los olores de forma más adecuada. Aunque estos sistemas requieren costos de instalación superiores a los anteriores, presentan la ventaja de ser más rápidos y por tanto requerir menos espacio. Entre estos podemos destacar.

Fermentadores verticales

Los reactores verticales pueden operar de forma continua o discontinua. En el primer caso, el material a compostar se encuentra en forma de masa única, mientras que en el segundo caso, la masa del compostaje se sitúa en distintos niveles. En los sistemas cerrados continuos se utilizan reactores de 4 a 10 m de altura, con un volumen total de 1000 a 3000 m³. El biorreactor consta de un cilindro cerrado, aislado térmicamente, que en su parte inferior posee un sistema de aireación y extracción de material. El material se introduce por la parte superior mediante un tornillo alimentador. A medida que se va extrayendo el material compostado, el material fresco va descendiendo.

El control de la aireación se realiza por la temperatura y las características de los gases de salida (éstos son aspirados por la parte superior del reactor). El tiempo de residencia es de 2 semanas. Los reactores verticales discontinuos constan de un depósito cilíndrico de grandes dimensiones dividido en varios niveles (cada nivel tiene de 2 a 3 m de altura). La materia a compostar se coloca en lo más alto y mediante dispositivos mecánicos se voltea la masa a la vez que va descendiendo al piso inferior.

La humedad requerida para llevar a cabo el proceso se consigue o bien por evaporación del agua del material situado en los niveles inferiores, la cual se encuentra a una mayor temperatura, o bien se dispone de sistemas de suministro de agua. Cuando la fracción orgánica ha descendido al último piso se da por concluida la fermentación y el compost sale al parque de maduración.

El tiempo en el fermentador es de una semana. El inconveniente de este tipo de reactores es el elevado costo de instalación y de mantenimiento de la planta.

Otra variante de reactor vertical es el reactor circular. Los que existen actualmente tienen un diámetro de 6 a 36 metros y una altura de 2 a 3 metros. El material a compostar se introduce por la parte superior del reactor, y la masa se voltea mediante un brazo giratorio, la salida del material se realiza por el centro de la base. La aireación se realiza por la parte inferior. El tiempo de retención es de 10 días, transcurridos los cuales pasan al parque de maduración.

Reactores horizontales

Estos reactores consisten en un cilindro horizontal que suele tener de dos a tres metros de diámetro y giran a una velocidad de 2 rpm a lo largo de su eje longitudinal. El proceso consiste en un tratamiento mecánico continuo, el tiempo de permanencia de los residuos dentro del fermentador es de 24 a 36 horas durante el cual la materia orgánica es físicamente separada del resto de componentes, al mismo tiempo que se inicia el proceso de degradación microbiana. En estos reactores no se produce un auténtico compostaje sino una fase de preparación del substrato de tipo físico-químico. El material resultante es compostado finalmente en pilas o en el reactor.

Reactores horizontales propiamente dichos son aquellos en que el material generalmente preseleccionado (separación de inertes) se somete al proceso de compostaje durante 15 a 30 días en condiciones estáticas (reactor túnel) o de volteo periódico (reactor rectangular dinámico). Dentro de este grupo los reactores de túnel, los que están en servicio tienen forma de caja rectangular de 4m de altura, 5,5 m de ancho y longitud variable según el volumen a tratar. La agitación se logra mediante sistemas hidráulicos y la aireación se realiza por sistemas situados en la parte inferior. El tiempo de reacción es de 14 días y el producto requiere generalmente un tratamiento posterior.

El reactor rectangular tiene forma de caja rectangular de 3 m de altura y 6m de ancho, y longitud variable según las necesidades. El material es descargado por la parte

superior, y con un dispositivo que penetra en el reactor, parecido a una fresa de un reactor, se mezcla y se descarga en otra zona del reactor mediante una cinta transportadora y una grúa móvil. Con el mismo sistema se extrae el material una vez compostado. La aireación se realiza por la parte inferior. El tiempo de retención es de 14 a 21 días y normalmente no necesita un tratamiento posterior.

Operaciones de Compostaje.

El proceso de compostaje requiere toda una serie de operaciones, algunas de las cuales se repiten a intervalos a lo largo de todo el proceso. Estas se pueden dividir en:

1. Operaciones primarias. Recogida y transporte

Generalmente, el compostaje empieza con la recogida de materiales orgánicos adecuados que se transportarán hasta el sitio donde se vaya a realizar y que se mezclarán hasta conseguir una humedad y una relación C/N adecuadas.

Las materias primas de tipo estiércol necesitan una atención inmediata porque rápidamente sufren fermentación anaerobia dando lugar a malos olores.

Sin embargo materiales tales como paja, astillas, hojas y aserrín se descomponen mucho más lentamente debido a su alto contenido en carbono y baja humedad y por esta razón pueden almacenarse durante largos periodos de tiempo antes de que comiencen a degradarse. Si estuvieran húmedos comenzarían a compostar pero debido a su bajo contenido en nitrógeno lo harían a una velocidad despreciable.

2. Mezcla y construcción de la pila.

Materiales sólidos

La etapa fundamental de todo compostaje es mezclar los materiales en las proporciones adecuadas y colocar la mezcla en forma de pila o cargar el reactor si es que el compostaje se va a efectuar en un sistema cerrado, en este último caso la etapa de mezcla no es necesaria ya que está incluida en el sistema. La mezcla y la formación de la pila se pueden realizar de distintas maneras, dependiendo del método de compostaje utilizado, del equipo disponible y del manejo del estiércol que se haya hecho en la finca o unidad de producción. La maquinaria requerida para estas operaciones es convencional (cintas transportadoras, palas mecánicas, remolques esparcidores, equipos combinados, etc.).

La pala mecánica es un equipo muy común en una finca o unidad de producción. Con ella y con el remolque esparcidor de estiércol se pueden realizar prácticamente todas las tareas, tanto la mezcla como la formación de la pila. Cuando se trata de pilas aireadas como volteo o con aireación pasiva, la mezcla y la formación se realizan en una sola etapa, sin embargo, cuando las pilas son de aireación forzada la mezcla y la formación han de hacerse por separado debido a las tuberías que van por la base de la pila.

Materiales líquidos

Se entiende por materiales líquidos aquellos residuos ganaderos procedentes de las explotaciones porcinas y bovinas (purines) los cuales poseen entre 65 y 91% de

humedad y un alto contenido en materia orgánica y nutrientes minerales; los residuos del procesamiento de la industria pesquera; los residuos de la industria láctea. Los materiales líquidos presentan problemas especiales de manejo y se han de incorporar a la mezcla de compostaje sin que esta se encharque. Además muchos líquidos presentan olores fuertes por lo que necesitan medidas adicionales.

Estos residuos líquidos podrían ser residuos primarios o material secundario siempre que el sistema de compostaje sea capaz de absorberlos. Ocasionalmente, se puede añadir líquido a una pila de compostaje cuando se necesita mantener una humedad adecuada, lo cual supone una buena alternativa para la utilización de ciertos residuos líquidos diluidos, tales como aguas de lavado de centrales lecheras o los propios lixiviados de la planta de compostaje previamente recogidos en fosas apropiadas.

En cualquier caso los otros materiales que se van a compostar deben ser lo suficiente absorbentes para retener todo el residuo líquido añadido sin que se sacrifique su porosidad. Generalmente se requiere la adición de grandes cantidades de materiales de tipo aserrín, turba, papel o compost reciclado.

Si el volumen de residuo líquido es pequeño se puede añadir durante el mezclado inicial, sin embargo, si la cantidad que se va a añadir es tan grande que humedecería demasiado la mezcla, el residuo líquido se debería añadir de forma regular a lo largo del proceso a medida que la mezcla pierda humedad. Naturalmente, se necesita dar un volteo inmediatamente después de la adición del residuo líquido.

Con objeto de evitar que el líquido escurra por los lados de la pila es necesario hacer un surco en la parte superior donde se deposita el líquido. Si el líquido es maloliente lo mejor es introducirlo en el interior de la pila antes del volteo. Actualmente nadie pone en duda el valor fertilizante de estos residuos.

3. Rendimiento del compostaje.

Este dato puede ser importante para conocer el dimensionamiento de la planta de elaboración. Se han efectuado estudios utilizando distintos materiales ricos en nitrógeno y lignocelulosas haciendo evaluaciones y análisis de los montones durante unos 90 días, sobre los compost brutos y refinados, llegando a la conclusión de que el compostaje es la técnica óptima de aprovechamiento de los residuos orgánicos, actuando sobre su revalorización y las pérdidas del proceso se sitúan próximas al 50% tanto en peso como en volumen (ver figura 6).

4. Maduración.

A continuación de la fase activa se requiere un periodo de al menos un mes durante el cual el proceso termina el compost desarrolla las características deseadas para sus posteriores aplicaciones. Generalmente, este periodo de maduración se lleva a cabo en una zona diferente al sitio donde se ha realizado la fase activa del compostaje, no obstante, la maduración se puede realizar en el mismo sitio y en la misma pila donde ha tenido lugar la fase activa.

Dado que las pilas en maduración están sufriendo una ligera descomposición, es necesario seguir manteniendo las condiciones aerobias, ya que en condiciones anaerobias se producen malos olores y compuestos tóxicos para las plantas. Si bien en esta etapa no se requieren volteos ni aireación forzada, las pilas en maduración deben ser lo suficientemente pequeñas para permitir una adecuada aireación en su interior,

sobre todo si la aplicación que se le va a dar requiere productos de alta calidad, como por ejemplo la utilización como sustrato.

Las condiciones anaerobias también se pueden dar con una excesiva humedad o por una acumulación de agua en la base de la pila. Debido a que las pilas en fase de maduración no producen suficiente calor como para dar lugar a que haya una pérdida de agua por evaporación, la zona de maduración debe estar bien drenada con canalizaciones para recoger el agua de lluvia y evitar que se acumulen en el sitio donde están las pilas.

El método más efectivo para corregir la humedad o las condiciones anaerobias es volverla a mezclar y extenderla sobre una superficie abierta. De esta manera, se introduce oxígeno en la pila y los compuestos anaeróbicos se descomponen aeróbicamente o bien se evaporan.

En el curso de la maduración las sustancias húmicas evolucionan, no sólo cuantitativa sino también cualitativamente, con el predominio hacia compuestos de elevado peso molecular (ácidos húmicos) sobre aquellos de peso molecular más bajo (ácidos fúlvicos).

La valoración entre las diversas fracciones, así como la relación existente entre ellas, resulta un importante índice de evolución del proceso y de la madurez del compost final.

5. Almacenaje.

Es necesario almacenar el compost durante periodos comprendidos entre los tres y seis meses. Los compost acabados que se han dejado madurar adecuadamente todavía tienen aunque baja, cierta actividad microbiana, por lo que se deben evitar, en lo posible, condiciones que aumenten el riesgo de crear condiciones anaerobiosis. La altura de las pilas no debe superar los 4 metros, ya que a medida que aumenta la altura, se incrementa el riesgo de que pueda tener lugar una combustión espontánea. En caso de que las pilas estén húmedas o desarrollen anaerobiosis, se pueden utilizar las medidas recomendadas para las pilas que están en maduración. En general, una práctica segura es desmontar las pilas grandes y hacer varias de menor tamaño unas semanas antes de su utilización o venta.

6. Molienda, tamizado y separación.

La mayoría de las materias primas que se usan para compostar no requieren molienda ni tamizado, sobre todo si el sistema que va a utilizar es el de pilas con volteo; no obstante, hay materiales, como los residuos de poda, que por su gran tamaño necesitan ser troceados. Ocasionalmente, algunas materias primas necesitan una separación previa al compostaje, tal es el caso de los residuos de establo que pueden contener bolsas de plástico, hojas, pajas o restos de basura.

En general, la selección se hace a mano salvo cuando los materiales indeseables están en gran cantidad, en cuyo caso se hace necesario una separación mecánica. Si el material indeseable no es perjudicial para el compostaje la separación mecánica se puede dejar para el final.

También es necesario hacer una separación al final del compostaje cuando se quiere recuperar el agente "bulking" (de relleno) en los casos en que este material se haya utilizado. Normalmente esta operación se realiza siempre que se quiera mejorar la calidad del producto final. Para que la separación sea más efectiva, el material ha de tener una humedad inferior al 45%. Alguno de los modelos de separadores consta de

una picadora y un mezclador. Las picadoras incluyen cintas vibradoras o martillos que rompen los aglomerados del material antes de que éste sea separado. Los mezcladores pueden añadir fertilizantes o arena según el uso a que se vaya a destinar el producto final.

Existen muchos tipos de separadores, la elección de uno u otro tipo dependerá de la clase de materiales, del contenido en humedad, de los costes y de la utilización ulterior del producto obtenido. Entre las diferentes clases de separadores se encuentran los cribadores, los vibradores, los discos onduladores, los de barreno y los giratorios.

7. Secado.

Un compost húmedo es indicativo de que la mezcla de partida tenía una humedad muy alta, que en la fase activa del proceso no se ha alcanzado la temperatura adecuada, que los volteos no han sido suficientemente frecuentes, que el sitio donde se ha realizado no estaba bien drenado o que el clima ha sido demasiado frío y lluvioso.

En general si el proceso de compostaje se ha llevado a cabo correctamente no es necesario recurrir al secado. Es absolutamente necesario que el compost esté seco sobre todo si se va a utilizar como sustrato o va a ser envasado en sacos. Una buena práctica es producir un compost con un contenido en humedad entre el 35 y el 45%, teniendo en cuenta que por debajo de 45% mejora mucho su manejo y que por encima del 35% se minimiza la producción de polvo. En los sistemas de compostaje, el secado implica una aireación extra o una prolongación del periodo de compostaje. Una buena alternativa, cuando el clima es caluroso y seco es extender el compost en una capa fina encima del terreno y dejarlo secar de una forma natural, si bien esto dependerá de la superficie disponible.

8. Empaquetado.

El compost empaquetado es más caro que el compost a granel y además es más atractivo para posibles clientes. Si las bolsas son pequeñas no se necesita un equipo especial, es suficiente un embudo, para facilitar su llenado a mano y un sellador. Si el compost se va a empaquetar en bolsas de plástico su contenido en humedad ha de ser como máximo del 35% ya que de lo contrario, seguirá descomponiéndose y fermentará.

Evaluación de la madurez de un compost.

La evaluación de la madurez de un compost es uno de los problemas más importantes que se plantea en relación al proceso de compostaje y aplicación del producto obtenido al suelo.

La aplicación de un compost insuficientemente maduro o "inmaduro" puede provocar como efecto más destacado un bloqueo biológico del nitrógeno asimilable, lo que podría ocasionar posteriormente un descenso del contenido de este nutriente en la planta y, en definitiva, un menor rendimiento de la cosecha.

La inmovilización del nitrógeno mineral en el suelo, se debe a que el compost "inmaduro" posee una relación C/N elevada, debido principalmente a que va a tener alto contenido en sustancias hidrocarbonadas, con lo cual, la aplicación al suelo en estas condiciones da lugar a un aumento de la microflora que utiliza parte del nitrógeno presente en el suelo para la formación de distintas estructuras intracelulares, como proteínas y ácidos nucleicos.

Por otra parte, la incorporación de estos productos insuficientemente maduros al suelo origina la descomposición posterior de estas sustancias que pueden producir serios daños tanto en el suelo como en la planta. Así, se ha descrito que se produce un descenso del contenido de oxígeno y del potencial de oxidoreducción del suelo, favoreciéndose la creación de zonas de anaerobiosis y fuertemente reductoras. Esto, unido a un aumento de la temperatura, puede llegar a inhibir la germinación o en ocasiones se produce una disminución en el desarrollo de las plantas, especialmente cuando se encuentran en estadios más jóvenes.

Además, la creación de estas zonas fuertemente reductoras en el suelo, van a ocasionar un aumento de la solubilidad de los metales pesados cuya posterior absorción y concentración en la planta pueden llegar a alcanzar niveles fitotóxicos. Así, por ejemplo, la concentración de cobre en la planta aumenta considerablemente, por encima de niveles tóxicos, tras la aplicación de compost "inmaduros", fenómeno no observable cuando se utilizan compost maduros.

Otro riesgo que presentan estos productos es la presencia de sustancias fitotóxicas, fenómeno observado en la utilización de compost procedentes de diversos residuos vegetales, así como estiércoles que pueden inhibir la germinación y el crecimiento de las plantas.

El efecto fitotóxico puede ser debido a la formación de amoníaco, producido como consecuencia de la degradación de la materia orgánica residual. La presencia incluso en cantidades pequeñas resulta tóxica para las raíces y para el desarrollo de las plantas, así como para la germinación de las semillas (intoxicación amoniacal).

Otro tipo de sustancias que se piensa que son fitotóxicas son el óxido de etileno, y algunos ácidos orgánicos, como el ácido acético, propiónico y butírico.

Métodos para determinar el grado de madurez de un compost.

Para que los efectos de la aplicación del compost sean positivos, este debe ser lo suficientemente maduro, es decir estable, puesto que de lo contrario la materia orgánica poco estabilizada seguirá el proceso de descomposición en el suelo pudiendo provocar problemas. Para evitar estos posibles efectos negativos se hace necesaria la evaluación de la madurez de un compost.

Es difícil, por no decir imposible, la definición de la calidad de un compost a partir de un único parámetro químico, bioquímico y toxicológico, ya que el compostaje es un proceso microbiológico muy complejo.

Se ha trabajado con diversos parámetros que informan de manera relativa de la evolución de la materia orgánica durante el proceso o del producto ya a la venta.

Un solo parámetro podría ser un buen indicador del grado de madurez desde un punto de vista teórico, pero inaplicable por su pérdida de significación al ignorar la historia de la muestra, o por no ser aplicable a los análisis de rutina. Aunque no se dispone de un método simple y reproducible, son muchos y diferentes los criterios propuestos. Estos se pueden agrupar en 5 tipos:

- test de tipo físico
- test de la actividad microbiana
- test de la fracción húmica del compost
- test químicos
- test biológicos o test de fitotoxicidad

Entre los distintos métodos existen algunos rápidos pero poco fiables, como los que utilizan la cromatografía sobre papel y otros más complejos basados en medidas de la evolución del complejo húmico. También se han propuesto algunos índices, tales como las relaciones C/N, C en azúcares reductores/C total, reparto del nitrógeno en forma amoniacal y nítrica, la capacidad de cambio catiónico o el desprendimiento de ácido sulfhídrico.

Test de tipo físico.

Son los habitualmente utilizados y, en general, dan una idea aproximada de la madurez de un compost (ver figura 8).

En este test los aspectos a tener en cuenta son:

Olor. El compost maduro debe tener ausencia de olor desagradable y debe tener un olor similar a la tierra húmeda.

Color. Durante el proceso de compostaje, el material sufre un proceso de oscurecimiento o melanización hasta transformarse en un producto oscuro.

Se han propuesto algunas técnicas para determinar el grado de ennegrecimiento. De acuerdo a la experiencia de los autores, la formación de zonas más claras en el interior del montón estaría indicando problemas de anaerobiosis durante el proceso de compostaje.

Temperatura estable. Tal como hemos comentado anteriormente, durante el compostaje se considera la evolución de la temperatura, como reflejo de la actividad de la población microbiana involucrada en el proceso, que decrece considerablemente al final del mismo, determinando una disminución de la temperatura del material compostado de valores entre 60 a 70° C hasta temperatura ambiente. En este sentido, un compost se considera maduro cuando la curva de temperatura del mismo se ha estabilizado y no varía con el volteo del material.

Test de la actividad microbiana.

Algunos autores han tratado de relacionar el grado de madurez de un compost con las características de los compuestos húmicos presentes en el mismo, principalmente atendiendo a su grado de polimerización, tasa de extracción y su riqueza en el compost. Así, se emplea como índice de madurez, la relación carbono de ácidos fúlvicos/ carbono de ácidos húmicos, que debe disminuir a lo largo del proceso.

Otros métodos que se incluyen en este apartado son la cromatografía circular y los métodos colorimétricos. El primer ensayo consiste en aislar las sustancias húmicas extraídas de un compost y colocarlas sobre un papel de filtro, pretratado con nitrato de plata; los compuestos poco polimerizados son muy móviles y se alejarán del centro. Cuando el compost esté maduro, la mancha oscura que aparecerá en el papel se hará más intensa alrededor del centro y más clara en los bordes; si dicho producto no es estable, el centro aparecerá claro y el borde oscuro. Este tipo de ensayo es cualitativo y está muy influenciado por los materiales de partida.

En cuanto a la aplicación de los métodos colorimétricos, se basan en que la determinación de la densidad óptica de un extracto de pirofosfato de las sustancias húmicas a lo largo del proceso pone de manifiesto una curva típica de variación que puede señalar la aparición de un "umbral de madurez" por el

cambio de pendiente de la curva de densidad óptica frente al tiempo. Otro método similar es el cálculo de la absorbancia del extracto alcalino a 460 y 660 nm, cuya relación ha sido utilizada como índice de madurez.

Test de tipo químico.

Existe un gran número de test o análisis químicos que pueden ser utilizados, con un mayor grado de confianza que los físicos, como criterios indicadores del grado de madurez de los compost. Entre ellos se pueden destacar:

a. *Relación C/N (en fase sólida).*

Es el criterio tradicionalmente utilizado para la determinación de la estabilidad de un compost. Si bien pueden presentar alguna dificultad en la selección de muestras lo suficientemente homogéneas, la determinación del mismo es relativamente sencilla y rápida. Por lo general, un compost se considera maduro cuando su relación C/N es menor de 20 y lo más cercano a 15, aunque en la práctica dicho valor puede ser superior, ya que gran parte del carbono orgánico, al encontrarse en formas resistentes como son celulosas o ligninas, no puede ser utilizado de inmediato por los microorganismos.

La relación C/N es un índice interesante para seguir la evolución de un proceso de compostaje, puesto que ofrece mucha información si se conoce la relación C/N de partida. Por ejemplo, un compost con una relación C/N relativamente alta puede estar bien fermentado y estar maduro, si procede de RSU con una relación C/N alta donde no se han eliminado papeles y cartones. Por el contrario, un compost con una relación C/N baja puede ser fresco y poco fermentado, como puede ocurrir si procede de una mezcla de RSU con otros residuos con alto contenido en N, como son los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas.

b. *Relación C/N orgánico en extracto acuoso.*

La reacción de compostaje es básicamente una degradación bioquímica de la materia orgánica por acción de los microorganismos. Los componentes solubles de la misma se disuelven en agua y son asimilables por los mismos.

Los compuestos insolubles son transformados enzimáticamente en compuestos solubles y posteriormente absorbidos por las células microbianas. Este hecho ha sido utilizado por diversos autores para obtener un nuevo índice de la maduración del compost. Dicho índice, basado en la determinación del C orgánico y del N orgánico en los extractos acuosos del producto, disminuye a medida que avanza la degradación del residuo, hasta estabilizarse entre 5 y 6, cuando el producto ha madurado, lo que hace que pueda ser utilizado como parámetro esencial de la madurez. A diferencia de la relación C/N del sólido maduro, este índice presenta unos valores mucho menos variables, al ser menos dependientes del tipo y origen del material inicial.

c. *Determinación de la Demanda química de oxígeno (DQO) del compost.*

Constituye un método rápido y sencillo para evaluar el grado de madurez del compost. Básicamente consiste en una oxidación del material mediante dicromato potásico y valoración posterior con sulfato ferroso amónico.

d. *pH*

También la determinación del pH sería un buen indicador de la marcha del proceso ya que, por lo general, durante el compostaje, el pH disminuye ligeramente, para subir posteriormente a medida que el material se va estabilizando, quedando al final del proceso entre 7 y 8. Valores más bajos indicarían que se han producido fenómenos de anaerobiosis y que el material no está aún maduro.

e. *Capacidad de intercambio catiónico (CIC).*

Su determinación en un abono orgánico no tiene solamente interés por el valor agronómico que representa este parámetro, es decir que ofrece una idea de la potencialidad en la retención de nutrientes y en capacidad de inmovilización de sustancias fitotóxicas, así como la posibilidad de amortiguar cambios súbitos de pH, sino que utilizado adecuadamente puede informar de la estabilidad de la materia orgánica de dicho compost. Diversos estudios realizados con abonos orgánicos y compost de diversos residuos orgánicos han demostrado que la CIC aumenta a medida que aumenta el grado de estabilidad de la materia orgánica.

f. *Conductividad eléctrica.*

Un parámetro que es interesante conocer, aunque no se englobe dentro de los criterios de maduración del compost, es la conductividad eléctrica final. Depende de los materiales con que se ha elaborado el compost (purines, agua...) y se debe tener rigor con ella en función de la utilización que se fuera a dar al producto. No sería lo mismo confeccionar compost para uso como fertilizante que se incorporan al suelo, que como sustrato de plantas hortícolas producidas en alvéolos o contenedores.

La conductividad del compost puede afectar al test de germinación pudiendo oscilar entre los 440 y los 6590 uS/cm en el caso de una turba normal o si se trata de estiércol de pollos, respectivamente. Lo deseable en el caso de compost es que se encuentren entre los 1500 a 2000 uS/cm.

Test de tipo biológico.

Últimamente se están desarrollando un gran número de test biológico, con el fin de evaluar la madurez de un compost, estos test están basados en el efecto negativo que provoca la aplicación de compost "inmaduros" sobre la germinación de las semillas debido a la presencia de compuestos fitotóxicos en estos productos. Este test consiste fundamentalmente en la obtención de un extracto acuoso del material que es introducido en una placa Petri de incubación donde se determina el grado de germinación.

En general, un compost se considera maduro cuando el índice de germinación es superior al 50%. Ensayos de respuesta vegetal, podrían ser recomendables para estudiar el efecto del compost sobre la producción vegetal.

Características que ha de cumplir un compost para su aplicación en agricultura.

Para aplicar un compost en la agricultura debe reunir las siguientes características.

Materia orgánica total: 25% sobre materia seca

Humedad máxima: 40%

El 90% de las partículas pasarán por la malla de 25 mm.

Los límites máximos admitidos en relación con los elementos pesados expresados en mg/kg son Cadmio 10; Cobre 450; Níquel 120; Plomo 300; Cinc 1100; Mercurio 7; Cromo 400.

Métodos para la elaboración de compost.

Existe una gran variedad de métodos para elaborar compost. Entre los que se pueden citar:

"*Método Indore*" (aeróbico) cuyo nombre es en homenaje a un pueblo en la India, donde fue practicado por primera vez por Sr. Albert Howard, Agrónomo del Gobierno Inglés quien estuvo en la India entre 1905 y 1934. Lo realizó para atender la necesidad de mejoramiento de los suelos y de los cultivos en la región.

Forma práctica de hacer compost por el Método Indore

Materiales

Residuos vegetales (rastros, cáscaras, restos de podas, etc.).

Fuentes de microorganismos: inóculo, estiércol, compost maduro o suelo rico en materia orgánica.

Cal o cenizas, cáscara de huevo, conchas de mariscos, hueso molido, etc. Agua.

Metodología

Cavar una fosa, especialmente en zonas áridas o muy frías, con dimensiones variables, como por ejemplo, 4 x 4 x 1.5 m o hacerlo en la superficie del suelo en zonas lluviosas.

Colocar los rastros o residuos vegetales, de preferencia picados, formando una primera capa de más o menos 20 cm de espesor.

Introducir varas de madera (10 cm de diámetro) en forma vertical, las cuales serán retiradas después de 2 ó 3 días, de tal manera que queden agujeros bien distanciados para darle una buena aireación a la pila del material (1 por m³).

Regar la capa de rastros hasta que el material alcance la humedad adecuada. Cuando el material es fresco y está cortado requiere muy poca agua o no requiere.

Esparcir estiércol en forma uniforme sobre la capa de rastros hasta alcanzar una capa de más o menos 5 a 10 cm, dependiendo del tipo de residuo. Se deberá utilizar mayor cantidad de estiércol cuando el material a compostear es más leñoso.

Espolvorear sobre el estiércol una ligera pero uniforme capa de cal finamente molida (cenizas, cáscara de huevo, etc.) para corregir la acidez del medio.

Humedecer ligeramente para favorecer la distribución del estiércol y la cal.

Repetir el mismo proceso hasta formar una pila de compost con capas alternas hasta alcanzar la altura de 1.0 ó 1.5 m.

Realizar el volteo de los materiales cuando se observe que la temperatura alta inicialmente ha descendido y se encuentra estable esto puede ocurrir de 2 ó 3 semanas en verano o después de 1 mes en invierno lo que puede variar de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona. El volteo consiste en colocar los materiales de la parte de arriba en la parte inferior y los de abajo hacia la parte superior, regulando nuevamente la humedad y la aireación para facilitar el proceso de descomposición.

Figura 9. Esquema de elaboración de compost por el método Indore.

Finalmente, el proceso de compostaje termina después de 3 ó 4 meses (según la zona) y en este momento se aprecia que el material ya ha sido completamente degradado, no hay emanaciones de gas y la temperatura permanece estable. (ver figura 9).

Las modificaciones del método Indore, han sido principalmente referidas al uso de tierras negras, aguas residuales, basura o materiales verdes como sustitutos para el estiércol. Ellos también generan temperaturas muy altas que incrementan la frecuencia de volteo. Otra modificación importante es la de suprimir el volteo por cubrimientos con plástico, como un medio de control contra las moscas, reducir las pérdidas de nitrógeno y reducir el proceso a 3 semanas sin que sea necesario el volteo. Sin embargo, hay que tener cierta precaución, ya que el plasticado del compost favorece el desarrollo de hongos. (ver figura 10).

Otros métodos

Métodos Biodinámicos

Fueron desarrollados por personas que se encontraban bajo la influencia de Rudolph Steiner, un filósofo social austriaco quien murió en 1925. Los métodos biodinámicos son parte de una filosofía llamada Antroposófica en la cual se utilizan compost con lombrices de tierra, fermentos de hierba, influencia de las fases de la luna, etc.

Método en cajón

Consiste en tener un tercio de vegetación seca, un tercio de vegetación verde y desperdicios de cocina. Se procede como sigue: se traza en el suelo un cuadrado de un metro por un metro o se utiliza un cajón de igual dimensión. En el caso del suelo se afloja la tierra con un tridente a 30 cm de profundidad. Sobre esa superficie se coloca una rejilla de rastros similares. Se continúa con una capa de vegetación verde y desperdicios de cocina. Se agrega una capa de tierra de 2 cm. Se continúa poniendo capas de los materiales descritos hasta un metro de altura. No se debe olvidar que al colocar los materiales en cada capa debe regarse con agua (ver figura 11). Este método resulta apropiado para elaborar abono en pequeña escala como son los patios.

Figura 11. Elaboración de compost por el método del cajón.

Método en Recipientes

Se necesita un recipiente de 200 litros para echar los materiales y sin fondo por donde se sacará la materia orgánica, además hay que abrir huecos en toda la superficie del recipiente para garantizar que entre el aire en el interior de la masa y pueda oxigenarse.

Después de darle esta preparación se colocará encima de ladrillos o piedras con una tapa de madera en el fondo, que sólo se quitará cuando vaya a extraerse la materia orgánica.

Se van tirando en el interior del recipiente todos los días los restos de cocina, hierbas cortadas y todos los materiales de que se disponga.

Cada cierta cantidad de materiales vertidos en el recipiente se echa un tanto de tierra. Todo el material dentro del bidón hay que removerlo a medida que se proceda a llenarlo,

de manera que poco a poco se inviertan y se oxigenen las capas que se han agregado. Se debe vigilar la humedad para que no se seque.

Figura 12. Compost en bidón.

El bidón debe mantenerse tapado para evitar que acumule agua de lluvia y no baje mucho la temperatura de la masa para que no se dificulte el proceso de descomposición de todos los materiales utilizados lo que atrasaría demasiado el proceso (ver figura 12). Este método es adecuado para elaborar abonos orgánicos a pequeña escala, ya sean patios o parcelas.

Método en corrales

Este método resulta práctico cuando se tienen desechos más grandes y abundantes. Se procede de la siguiente forma:

Metodología

Marcar en el suelo una circunferencia de 2 m de diámetro.

Se preparan dos aros doblados o varillas de madera que cubran la circunferencia marcada en el suelo.

Realizar 8 marcas a la misma distancia unas de otras en ambos aros.

Figura 13. Compost por el método del corral.

Amarrar fuertemente a cada marca palos cortados a 1.10 m de manera que quede un aro abajo pegado al suelo y otro arriba en el extremo de los palos.

Después de construida esta armazón, se procede a forrarla con alambre de cerca, malla plástica u otro material que pueda servir siempre que permita la aireación del interior del corralito.

Deberá tenerse en cuenta que entre dos de las partes del corral y la atadura de la cerca de alambre o malla sea fácil de quitar y así poder usar este sector como una puerta cada vez que sea necesario extraer materia orgánica (ver figura 13).

Método PFEIFFER

Metodología.

Marcar el espacio donde va a elaborar la compostera cuyas dimensiones son 1.20 m de ancho por 2 a 10 m de largo y 1m de altura.

Coloque una capa de tallos de maíz (2.5 cm).

Coloque una capa de hierba tierna verde y seca (20 cm), apisone el material y aplique agua hasta saturación.

Coloque una mezcla elaborada de partes iguales de tierra, cal o ceniza vegetal y roca fosfórica (2,5 cm), apisone el material y aplique agua hasta saturación.

Repita la operación sucesivamente hasta alcanzar la altura de 1m.

Manejo de la compostera:

Mantenga el montón siempre húmedo y tapado.

Controle la temperatura para saber si el material se está descomponiendo.

Remueva el montón una sola vez, procurando que los materiales que están en la parte externa del montón se pongan hacia el centro para que la descomposición se realice de manera integral.

Para activar el proceso de descomposición de la compostera se puede aplicar “purín” al montón cada 15 días. Con una regadera aplique 2 L de “purín” por cada m de compostera.

El material estará descompuesto a partir del cuarto mes.

Método PAIN

Metodología

Marque el espacio donde se va a elaborar la compostera. Las dimensiones deben ser las mismas que se indicaron para los métodos anteriores.

Coloque una capa de hojas y ramas secas, cama de establo (15 cm). Apisone el material y aplique agua hasta saturación.

Coloque una capa de tierra mezclada con cal o ceniza vegetal y roca fosfórica, apisone el material y aplique agua hasta saturación.

Repita la operación hasta alcanzar la altura de 1 m.

Manejo de la compostera:

Mantenga el montón siempre húmedo, controle la temperatura. Este modelo no requiere ningún removimiento. El material tarda entre 4 a 4,5 meses en descomponerse.

Características del Compost obtenido por los métodos de PFEIFFER y PAIN

Las características químicas del Compost dependen de la calidad y cantidad de los materiales utilizados, como de las condiciones ambientales que se dieron durante el proceso de descomposición y el manejo dado a las composteras.

Al concluir el proceso de fermentación el compost está prácticamente libre de patógenos completamente diferente del material original, por lo cual puede ser fácilmente manipulado y almacenado ya que en estas condiciones no tiene mal olor.

Tabla.3. Valores promedios de nutrientes por tonelada de compost, pH y relación C/N de los métodos Indore, Pain y Pfeiffer.

Métodos	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Calcio	pH	Relación C/N
INDORE	14	30	5	40	7,3	16/1
PAIN	6	29	25	35	7,7	15/1
PFEIFFER	4	30	30	42	7,6	8/1

LOMBRICULTURA GENERALIDADES

El hombre, en su incesante búsqueda, crea nuevos métodos en la producción de abonos orgánicos y es así como surge la Lombricultura.

Los primeros estudios sobre el tema y las primeras nociones sobre el habitat y el sistema de reproducción de las lombrices datan de 1837, en investigaciones dirigidas por el biólogo Darwin.

La importancia que desempeñan las lombrices en el proceso de formación de humus en el suelo es conocida desde la antigüedad. Aristóteles (filósofo griego de la antigüedad) definió la lombriz como "el intestino de la tierra".

En Egipto era conocido que la fertilidad del Valle del Nilo era debida a la abundancia de lombrices en dicha tierra, las que se alimentaban de restos orgánicos vegetales que el Nilo transportaba en grandes cantidades en sus crecidas periódicas. Dichos restos eran transformados en humus, enriqueciendo el terreno.

Pero no fue hasta mediados del siglo XX cuando se comenzó a pensar en la posibilidad de utilizar la lombriz de tierra para la producción de abonos orgánicos y harina para la alimentación animal en gran escala, lo cual puede ser posible por el descubrimiento de un híbrido de lombriz que permite su explotación industrial.

En la década de los años 60, la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana comenzó a realizar investigaciones sobre la ecología de la lombriz Roja Africana (*Eudrilus eugeneae*). Posteriormente a partir de 1981 comienza a generalizarse la lombricultura en Cuba con la adquisición del pie de cría proveniente de Italia. El mismo estaba compuesto por la especie *Eisenia foetida* (Roja Californiana)

Los trabajos de adaptabilidad de la tecnología Italiana a las condiciones de Cuba fueron realizados por el Dr. Jorge Ramón Cuevas .

Concepto.

La Lombricultura se define como la técnica para la transformación de los residuales sólidos orgánicos por medio de la lombriz de tierra.

Esta técnica permite aprovechar toda la materia orgánica basuras urbanas, estiércol animal, residuos orgánicos industriales y lodos de las plantas de tratamiento de residuales obteniéndose finalmente:

- a) Abono orgánico conocido con el nombre de "Humus" o "Casting" de gran demanda en el mercado mundial.
- b) Proteína animal a partir de la lombriz de tierra para la alimentación animal y humana.
- c) Un control efectivo y económico de los contaminantes sólidos orgánicos.

Es necesario destacar que el cultivo de la lombriz de tierra precisa de muy bajo costo y que como resultado brinda productos de amplia demanda en el mercado mundial y de muy buen precio.

La lombriz de tierra

Para la puesta en práctica de esta tecnología se utilizan especies de lombrices que son capaces de vivir en cautiverio ante acumulaciones de materia orgánica sin escaparse del cultivo.

De las 8000 especies de lombrices reportadas en el mundo, solo unas pocas se adaptan a estas condiciones y son conocidas como comerciales cuyas características como el ciclo de vida, número de crías y otras superan a la lombriz común. (ver tabla 4).

En Cuba las especies más utilizadas son; *Eisenia foetida* (Roja californiana), *Eudrilus eugeniae* (Roja africana).

Se ha seleccionado la *Eisenia foetida*, conocida también como Roja californiana o lombriz de humus, para dedicarla a la producción de humus, por su alta capacidad de adaptación y prolificidad. Este tipo de lombriz ha experimentado un alto grado de adaptabilidad, por lo que su crianza y explotación se ha extendido notablemente con resultados muy halagadores en los diferentes Centros de Abonos Orgánicos de la Agricultura Urbana en Cuba.

La lombriz de humus puede vivir en cautiverio en poblaciones de hasta 50.000 individuos por m². Es hermafrodita insuficiente lo que quiere decir que no se autofecunda, presenta alta tasa de reproducción, madura sexualmente entre el segundo y tercer mes de vida, se aparea y deposita cada 7 a 14 días una cápsula conteniendo de 2 a 20 huevos que a su vez eclosionan pasados los 21 días. Así, una lombriz adulta es capaz de tener en un año 5000 crías.

La lombriz Roja californiana puede vivir hasta 16 años; su cuerpo pesa un gramo y puede alcanzar un tamaño de 8 a 10 cm. Tiene 5 corazones, 6 pares de riñones y 182 conductos excretores, respira por la piel. Se alimenta, con mucha voracidad, de todo tipo de residuos orgánicos en una cantidad equivalente a su peso cada día. El aparato digestivo es espectacular puede humificar en pocas horas lo que tarda muchos años a la naturaleza, generalmente expulsa el 60 % de la materia después de su digestión. Hay autores que sostienen que la tierra que ha pasado por la lombriz, comparada con la tierra vecina, es diferente ya que tiene aproximadamente, 5 veces más nitrógeno, 7 veces más potasio, el doble de calcio y de magnesio.

Estas lombrices además de la característica ya señalada poseen otras por las cuales se diferencian de la conocida lombriz común.

Aunque la tecnología que se emplea en el cultivo de la lombriz no es muy compleja, es necesario que el personal reciba un mínimo de conocimientos que garantice el buen manejo del cultivo. A veces el fracaso del cultivo es atribuido a la lombriz. Esto es puramente falso, la lombriz no descansa, trabaja las 24 horas del día y los 7 de la semana, los errores del hombre por negligencia o falta de conocimientos son los que hacen fracasar el cultivo.

Biología y ecología.

Morfología externa

La lombriz es un animal alargado, de cuerpo cilíndrico, anillado. Pertenece al *Phylum Anelida*, Clase *Oligochaeta*, su longitud varía entre los 5 y 45 cm dependiendo de la especie. Su cuerpo está revestido por una fina cutícula que lo protege de la desecación.

Todos sus segmentos o metámeros son iguales, excepto el primero que se denomina *Prostomio*, que contiene la boca y el último *Pigidio* donde se encuentra el ano. En la fase de madurez sexual aparece una zona diferenciada glandular que se denomina *Clitelo* y está relacionada con la reproducción y secreción de los capullos.

La morfología interna y externa es empleada en Sistemática para clasificar distintas especies de lombrices. La morfología externa se apoya en estructuras como: número de quetas, cantidad de segmentos del cuerpo del animal, posición que ocupa el Clitelo con respecto al Prostomio y las características de este.

Figura. 14. Lombriz *Eisenia foetida* (Roja californiana).

Tabla: 4. Comparación de indicadores entre la lombriz común y la comercial.

Características	Lombriz común	Lombriz comercial
Ciclo de vida	4 años	16 años
Copula	Cada 45 días	Cada 7 días
# de crías por cocun	2 a 4	2 a 21
Tamaño promedio	20cm	8-10cm
Cuerpo	Flácido	Fuerte
Temperatura optima	10 a 12 ⁰ C	20 ⁰ C
Habitad	Suelo arcilloso	compost
Hábito de vida	Hacen galerías hasta 2m de profundidad. Son errantes, depositan sus deyecciones en la superficie del suelo.	No emigran, viven en cautiverio. Depositán sus deyecciones en el interior de las camas.

Morfología interna

Los anélidos presentan sistemas de órganos. Los mismos están incluidos en la cavidad del cuerpo o celómica que contiene el líquido celómico, que es incompresible y actúa como un esqueleto hidráulico.

La Respiración. Es cutánea, las lombrices necesitan tener la piel húmeda para poder captar el oxígeno, ya que en un medio muy seco no se podría llevar a cabo el intercambio. Igual ocurre con un medio muy anegado, si esta se prolonga, podría provocar la muerte por asfixia.

El sistema digestivo. Es recto y consta de boca sin dientes, por donde entra el alimento húmedo y se dirige hacia la faringe, de aquí pasa al esófago en el que se encuentran a ambos lados las glándulas calcíferas, las cuales segregan carbonato de calcio. Esta sustancia tiene la propiedad de neutralizar los ácidos de los alimentos. Ahora bien, si la acidez es muy elevada no puede neutralizarlos y pueden morir intoxicadas de “gosso ácido”.

Una vez que el alimento ha llegado al esófago pasa al buche, después al estómago y de ahí al intestino. Es en este último donde actúan las enzimas que desdoblan los alimentos en sustancias más simples. Las deyecciones salen a través del ano enriquecidas por microorganismos propios de su flora bacteriana que es del orden de 4×10^6 colonias por gramo de humus activo.

Las lombrices diariamente consumen una cantidad de alimento equivalente a su peso corporal.

El sistema circulatorio. La sangre de las lombrices contiene un pigmento parecido a la hemoglobina, circula a través un sistema de vasos que se colocan longitudinales al dorso ventral y el subneural, además de otros cinco vasos pulsátiles anastomosados metamericamente alrededor del esófago que impulsan la sangre a la parte posterior del cuerpo del animal donde se encuentran los corazones. El número de corazones varia según la especie.

El sistema excretor. Posee un par de *nefridios* por segmentos que son unos simples tubitos por donde se eliminan las sustancias de desecho al exterior a través de unos poros que se les denomina poros *nefridiales* o *nefridioros*. Estos se comunican con unos embudos ciliados que atraen las sustancias de desechos contenidas en el líquido celomático.

El sistema nervioso. Está representado por un par de *ganglios cerebroides* que se encuentran por encima del esófago. También aparece un collar periesofágico alrededor del mismo y la cadena ganglionar ventral. Los nervios son segmentarios y presentan componentes sensoriales y motores.

Órganos de los sentidos. Poseen cerdas, papilas táctiles, fosetas ciliadas, células fotosensibles subcutáneas las cuales no permiten la visión pero si perciben la luz. Las lombrices son animales fotosensibles y sus taxismos, dentro de otras cosas, corresponde a su respuesta a la luz de la que huyen prefiriendo el hábitat oscuro. A este taxismo se le denomina fototaxismo negativo. La exposición de las lombrices a la luz natural es letal, solo la admiten por muy pocos minutos.

Las lombrices también pueden moverse en busca de sus alimentos verticalmente hacia arriba y también bajan de la misma manera para huir de un pH ácido o muy básico. Se refugian en el humus buscando la humedad óptima. Buscan el fondo del substrato evitando la incidencia de los rayos solares en las horas más críticas, que provocan el recalentamiento de los canteros y la desecación en la parte superior de ellos.

Locomoción. Intervienen los músculos, el líquido celómico y las quetas. Cuando la lombriz quiere avanzar apoya las quetas en el substrato y el líquido celómico ayudado por los músculos se dirige hacia delante, la parte posterior del cuerpo del animal se acorta avanzando, entonces se retiran las quetas, seguidamente el líquido celómico se desplaza hacia detrás estirándose el cuerpo y puede comenzar de nuevo este movimiento que le permite avanzar.

Reproducción. Cuando una lombriz presenta *Clitelo* decimos que esta ha alcanzado la madurez sexual, ya que el mismo tipifica el estadio adulto.

Las lombrices son hermafroditas, es decir, poseen los dos sexos el femenino representado por los ovarios y el masculino por los testículos pero no se autofecundan esto quiere decir que necesitan del apareamiento de dos lombrices. El apareamiento es un acto instintivo, en el mismo las lombrices se entrelazan estrechamente en posición invertida haciendo coincidir ambos clitelos, en esta posición pueden permanecer hasta 15 minutos, quedando en contacto el poro genital masculino en el femenino e intercambiando el material espermático. Es por eso que se plantea que la reproducción de las lombrices es cruzada.

Ciclo de vida. El acoplamiento de dos lombrices se efectúa con no menos de 7 días entre uno y otro, del cual se obtienen 2 capullos, uno por cada lombriz. Si las condiciones del medio, en cuanto a humedad y temperatura son óptimas, a los 7 días ocurre el nacimiento de las pequeñas lombrices.

Las lombrices recién nacidas tienen color rosado pálido traslúcidas, son capaces de alimentarse por sí mismas, siendo parecidas a sus progenitores, solo varían en tamaño y color. Paulatinamente se van oscureciendo en el transcurso del tiempo. A los 90 días de nacidas, las lombrices son adultas lo cual se conoce por la aparición del Clitelo, en este momento como se ha dicho comienza su ciclo sexual. (ver figura 15 y 16).

Ciclo de *E. foetida* (67 a 87 días)

Ciclo de *E. eugeniae* (66 a 86 días)

Regeneración. Es la capacidad que tiene el extremo que contiene la boca de generar toda la parte posterior del cuerpo del animal, pero es válido aclarar que el extremo posterior no puede generar cabeza. Dicha capacidad no está relacionada con la reproducción.

Condiciones de vida. Las condiciones de vida de las lombrices pueden ser controladas por el hombre, si es capaz de velar por algunos de los parámetros que influyen directamente sobre ellas como son principalmente la temperatura, la humedad y la alimentación adecuada.

Cuando las lombrices están en los rangos óptimos de dichos parámetros son capaces de vivir, reproducirse y producir humus, pero dejan de multiplicarse si los valores se hacen extremos, lo que puede provocar la muerte de las lombrices.

Tabla: 5. Índices para los parámetros evaluativos.

Parámetro	Muerte	Letargo	Produce humus	Fase óptima	Produce humus	Letargo	Muerte
pH	< 5	6.5	6.8	7.5	8	8.5	>9
Temperatura	0	7	14	19-20	27	33	>42
Humedad	<50	75	80	82.5	85	88	>90

Trastornos fisiológico. La lombriz no sufre ninguna enfermedad, es por eso que hablamos de trastornos fisiológicos provocados por agentes externos que pueden ser letales.

Estos factores inciden en la alimentación con la que hay que poner cuidado en su atención, porque de ella depende el rendimiento de la producción de humus. El trastorno fisiológico más conocido es el "goso ácido", que resulta de la intoxicación provocado por un exceso o un déficit de proteínas en el alimento, también se observa cuando existen alteraciones físico-químicas por la presencia de pesticidas u otros agentes nocivos.

Los trastornos fisiológicos producidos por el "goso ácido" se evidencian de la siguiente manera:

- Movimientos rápidos tratando de escapar
- Disminución del movimiento haciéndose lento y pesado.
- Aspecto filiforme, quedando en el fondo de las literas casi inmóviles.
- Inflamación de la región clitelar y necropsia.

En la mayoría de los casos aparecen constricciones y abultamientos a todo lo largo del cuerpo del animal.

En otros casos se mostrarán blanduzcas, pudiendo morir.

Es necesario aclarar, que hasta el momento no se conoce ni se reporta que las especies de lombrices más utilizadas en la lombricultura en nuestro país sean hospederos intermediarios, ni vector de parásitos dañinos a los animales ni al hombre.

Sin embargo en la alimentación de las lombrices se trabaja con excrementos de animales, estas si pueden contaminar al hombre si no se tiene las medidas sanitarias recomendadas para trabajar la lombricultura.

Enemigos naturales.

La bibliografía internacional menciona una gran lista de enemigos naturales, entre los que se encuentran las ranas, las aves, invertebrados como la planarias (depredadoras de las lombrices), mancaperros, ciempiés, hormigas y otros de menor cuantía.

Desde que se conforman depósitos para el fomento de la lombricultura con diferentes tipos de residuos comienza la descomposición de la materia orgánica. En este proceso participan muchos organismos que colonizan este sustrato por diversos motivos, realizando múltiples funciones como alimentarse de la materia orgánica. Ejemplo: las cochinillas, pequeñas larvas o insectos que son detritófagos compiten con la lombriz por el alimento sin causar daños directamente, otros depredan invertebrados o bacterias, descomponen la materia orgánica, utilizan el sustrato como escondrijo, etc. En fin cohabitan con las lombrices sin causarles daño en condiciones adecuadas.

Las lombrices tienen otros requerimientos diferentes a la fauna acompañante, por lo que si las condiciones óptimas para ellas cambian, como son la temperatura, la humedad, el alimento adecuado y una densidad de población requerida, se desarrollaran otros grupos de la fauna asociada y paulatinamente desplazarán a las lombrices de su hábitat.

Sin embargo, la principal defensa de la lombriz en cultivo artificial es la densidad de población. Esto significa que el efecto depredador que puede tener la presencia de ranas, ciempiés, mancaperros y otros organismos similares sobre una población no es significativo cuando se trata de poblaciones con alta densidad.

No obstante las hormigas si causan un efecto perjudicial sobre las lombrices, ya que cuando se establecen lo hacen en colonias de alta densidad de individuos ocasionando por esto daños considerables. El método de combatir estos enemigos naturales es el riego, ya que la alta humedad en el medio, impide el establecimiento de estos enemigos naturales.

Por la importancia que reviste y por el nivel de afectación que ha provocado en los cultivos de lombrices en Cuba merece especial atención la planaria que aparece como depredador de las lombrices.

Características generales de la planaria.

De coloración amarillo grisáceo por la región dorsal, con líneas carmelitas oscuras que se extienden a todo lo largo del cuerpo. Por la región ventral el color es rosado-amarillento y se distingue una banda media mas clara.

La región anterior es aguzada con dos falsos ojos no siempre visibles.

La boca es ventral, situada en las tres cuartas partes del cuerpo, por la que sale una alargada faringe en el momento de atacar.

Se reproduce por huevos y por bipartición.

Son depredadores de las lombrices pudiendo ingerir lombrices pequeñas completas, huevos o producirles heridas por donde le extraen los líquidos del cuerpo. Este daño puede causarle la muerte o fragmentación de la lombriz por la región dañada.

Es de poca movilidad y dentro de la materia orgánica forma como especie de rollo o paquete, es decir se enrosca.

Como habitat prefiere las excretas viejas con pH alrededor de 7, no muy húmedas o secas con un contenido de humedad menor del 50%. Se cubren con partículas de materia orgánica que se pegan a la superficie de su cuerpo, enrollándose y dificultando su localización. Su mayor actividad es en horas nocturnas.

Sus huevos son oscuros y se confunden con la materia orgánica, 14 planarias x m², son capaces de afectar al 75 % de la población de lombrices y por ende la producción de humus de lombriz.

Para evitar su aparición deben tomarse las siguientes medidas preventivas:

No alimentar los canteros con residuos viejos, cuyo pH sea 7.

No permitir una larga estadía de canteros, canoas o cualquier recipiente sin cosechar.

Mantener la humedad adecuada en el cultivo (mas del 75%).

Extremar las medidas al trasladar pie de cría de una unidad a otra cerciorarse de que no están contaminadas

Una vez que aparezcan deben tomarse las siguientes medidas de control:

Si el ataque es pequeño puede eliminarse manualmente extrayéndolas y destruyéndolas lejos del cultivo.

En caso de aparecer grandes cantidades debe separarse la capa donde están las lombrices y planarias mecánicamente o manualmente, cosechándola y removiéndola constantemente.

Las unidades de producción contaminadas no pueden entregar bajo ningún concepto pie de cría a otras hasta tanto no exista pleno convencimiento de su erradicación.

Escalada de desarrollo del cultivo de la lombriz

El cultivo de la lombriz se puede desarrollar a diferentes niveles, estos son:

Doméstica

Solo se requiere de algunas cajas, cajones o cualquier recipiente de madera u otro material que se puede mantener en cualquier lugar de la casa o en el patio, con el propósito de utilizar como alimento para las lombrices los residuos de cocina y otros desperdicios que se originan en el propio hogar. Se puede emplear el producto (humus y lombrices) en el huerto, jardín, macetas o en la alimentación de los animales domésticos.

Agrícola o popular

A pequeña o mediana escala, cuya ubicación está en los predios del propio productor (UBPC, CPA, huerto intensivo, organopónico, patios, etc.) y su objetivo fundamental es reciclar residuos de cosecha, estiércoles de animales o residuos agrícolas industriales, para obtener el humus de lombriz con fines de fertilización de los cultivos del propio productor.

Comercial

A mediana o gran escala, cuya finalidad es obtener humus de lombriz y comercializarlo con las empresas agrícolas nacionales e internacionales. Generalmente son grupos de productores que se dedican a la producción de humus organizados en UBPC, centros municipales y provinciales de producción de abonos orgánicos u otra estructura económica independiente. En general estas unidades poseen en explotación mas de 500 m² de canteros de cultivo directo.

Industrial

Cuando en una unidad se ha llegado al límite de ampliación de canteros se presenta una sobre población de estos animales. En este momento aparece la lombricultura industrial, cuyo propósito es la producción de carne de lombriz para su posterior secado y molido para la obtención de harina de lombriz. Este producto es un concentrado alimenticio de alto valor proteico. A este nivel se requiere de una fuerte inversión en equipos especializados.

Condiciones necesarias para el cultivo de lombrices.

Selección del área. El área seleccionada para el cultivo puede variar en tamaño, en función de la escala a la cual se proyecte la producción ya sea pequeña, media, en grandes cantidades, o si es a nivel popular

Si la producción es agrícola o popular, esta podrá realizarse en canoas, canteros, canaletas, cubos u otros recipientes disponibles, y no necesitara de área de pies de cría (ver figura 17).

Si la producción es de mediana o gran escala será necesario diferenciar el área de cultivo extensivo del área de establecimiento del pie de cría (ver figura 18).

El área de pie de cría, es un área limitada, generalmente bajo sombra y que está formada por un conjunto de canoas u otro recipiente que contendrá el pie de cría, cuyo número es variable de acuerdo con el propósito de producción (ver figura 19).

Se recomienda un mínimo de 16 canoas como pie de cría por hectárea de cultivo extensivo, aunque su número dependerá de la escala a la cual se pretende producir.

Es aconsejable el establecimiento del pie de cría en las canoas u otro recipiente cerrado porque de esta forma se logra un mayor control de todas las condiciones, lo cual es fundamental para lograr una alta densidad de población de lombrices. La disposición de las canoas dentro del área debe facilitar el regadío y el trabajo del personal, por lo que se recomienda se disponga en hileras de a dos dejando una calle entre cada par para facilitar el paso del tractor con la carreta alimentadora, o la carretilla. Esta disposición permitirá además la ubicación del regadío.

El área de cultivo extensivo es el área destinada a la producción de humus, su tamaño será variable de acuerdo al nivel de producción.

Para la selección del área de cultivo extensivo deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

Terreno con buen drenaje sin accidentes, llano o con ligera pendiente.
Cercanía a una fuente de agua sin contaminación.
Establecimiento de sombra de ser necesaria.
Orientación N-S de los canteros y tomar en cuenta la dirección de los vientos reinantes.
Ubicación cerca de la fuente de materia orgánica para facilitar su transportación.
La preparación, alimentación, el riego y el mantenimiento de las áreas de cultivo con todos los requerimientos necesarios son fundamentales para lograr el feliz establecimiento del cultivo de la lombriz de tierra.

Preparación del área para producciones a pequeña escala.

Como ya se ha dicho la producción a pequeña escala o a nivel popular puede realizarse en diferentes recipientes (canoas, canaletas, cubos, etc.). La experiencia actual recomienda que el recipiente tenga las siguientes dimensiones de 1,5 a 2 m de largo y una profundidad de 0,60 m. Esto depende de las posibilidades del productor.

Para la preparación del recipiente se deben seguir las siguientes recomendaciones:

Abrirle huecos laterales, para lograr un buen drenaje y evitar que el agua se acumule.

A continuación añadir una capa de 15 a 20 cm aproximadamente de excreta.

Regar bien para lograr la humedad necesaria.

Sembrar las lombrices teniendo en cuenta siempre que la densidad de lombrices al comienzo debe ser de 5000 /m² La siembra debe hacerse esparciendo las lombrices por toda la superficie a cultivar.

La siembra de las lombrices es uno de los pasos más importante, ya que pueden perderse las lombrices y de esta forma fracasar su cultivo

Preparación del cultivo en producciones a mediana y gran escala.

El cultivo de la lombriz para la producción de humus a mediana y gran escala se realiza en canteros Los cuales constituyen el modulo de crianza puesto que allí las lombrices han de nacer, crecer y producir humus

Los canteros pueden tener un tamaño variable de acuerdo a la configuración del área que se disponga aunque en general las dimensiones mas usadas son de 1 a 1.5 m de ancho y el largo de 20 a 30 m

Para establecer el cultivo en estas condiciones se procede de la siguiente forma:

Se coloca una capa de 10 a 15 cm del material orgánico previamente adecuado en la superficie del terreno.

Se humedece con agua el material.

Se siembran las lombrices de una canoa esparciendo las mismas de forma que se cubran 10 m de cantero para así lograr la densidad necesaria y el cultivo comience sin dificultades.

Para pasar las lombrices de la canoa o recipientes al cantero se procede de la siguiente forma:

Se toman los 20 cm superiores de la canoa y se esparcen sobre el cantero

Se echan 10 cm de excreta en la canoa y regamos inmediatamente.

Esta operación se repite mientras existan lombrices en la canoa

Después de realizado todo lo anterior, la parte inferior restante se saca, siendo este material humus con un 5% de lombrices. En caso de que no se recoja el humus y se quiere mantener la canoa con el pie de cría, se procede a echar 10 cm de excreta y seguidamente regar, de esta forma se mantiene esta canoa con el pie de cría.

Diseño de campo. En el caso de las producciones a gran escala las áreas de cultivos deberán diseñarse para lograr el máximo de eficiencia y productividad. El diseño de campo del cultivo resulta de la conjugación armoniosa de los siguientes factores que no deben afectarse unos a otros:

- 1.- Cultivo.
- 2.- Regadío.
- 3.- Sombra.
- 4.- Mecanización.

El cultivo de la lombriz de tierra se realiza en canteros de 1 a 1.5 m de ancho y una altura variable que depende de la edad del cantero. Este cantero debe ser alimentado periódicamente y regado a diario varias veces al día en períodos cortos dependiendo de las temperaturas guiándose principalmente por la apariencia del cantero sin establecer plazos fijos y cosechado cuando las lombrices alcancen el óptimo de densidad de población, o cuando la altura del cantero así lo determine.

El diseño de campo tomará en cuenta las características necesarias para estas labores, para lo cual el área debe constar de las siguientes subareas:

Canteros de 1 m de ancho y el largo que permita el terreno, (aunque es aconsejable utilizar canteros de 30 m), dejando un espacio entre ellos para ubicar el regadío y la sombra de ser necesaria.

Cada par de canteros estará separada por una calle de 2,5 m, por donde transitará el tractor con la carreta alimentadora.

En el diseño de campo debe tenerse en cuenta el espacio para las estercoleras, así como el área para el viraje del tractor con la carreta alimentadora a los extremos del camino, que debe ser de 8 m aproximadamente.

La ubicación de las canoas con el pie de cría puede estar a los lados del campo o situarse en área aparte.

Este diseño está determinado por la maquinaria de tiro lateral, pudiendo modificarse para la maquinaria que trabaja a horcadas sobre el cantero.

Riego. La humedad de los canteros y canoas se obtiene con el regadío, aunque si no se dispone de él se puede garantizar mediante manguera, regadera, etc.

El regadío idóneo para este cultivo es el microaspersor, ya que brinda una gota fina, que crea un microclima húmedo sobre el cantero, favoreciendo la humedad del mismo.

El regadío de las lombrices debe garantizar alrededor de 80 % de humedad. Este punto óptimo se puede determinar mediante los métodos convencionales para humedad del suelo que se aplican actualmente.

El regadío además de brindar la humedad requerida por la lombriz en su desarrollo, ejerce un efecto beneficioso sobre la temperatura, sobre todo en los meses de intenso calor, por lo que se recomienda en lugar de uno o dos riegos largos,

aplicar varios durante el día de corta duración para alargar su efecto reductor sobre la temperatura.

Otros tipos de regadíos pueden utilizarse, aunque no con óptimos resultados como los que brinda la microaspersión; la manguera perforadora y el "spring".

Con la manguera perforadora se obtiene también una gota pequeña y ahorro de agua con el microaspersor, no así con el spring, cuya gota mas gorda compacta el cantero haciendo mas difícil el trabajo de la lombriz. No obstante si no se dispone de los dos métodos de regadío descritos anteriormente, el spring puede utilizarse.

Cuando no se dispone de sistema de regadío y solamente se dispone de mangueras o regaderas, debe tenerse el cuidado en la uniformidad del riego. A veces la cobertura utilizada para la protección del cantero contra la evaporación como son sacos de yute, guano, etc. impiden que el agua del regadío llegue al cantero uniformemente. Por ejemplo cuando se utiliza el guano el agua corre por las hojas y desviándose la misma fuera del cantero. En estos casos es recomendable retirarlo antes del riego y colocarlo nuevamente una vez terminado.

Si se riega con manguera debe afinarse la punta mediante la precisión de la misma para favorecer la formación de gotas pequeñas por las causas ya explicadas.

Alimentación. La alimentación de las lombrices se realiza fundamentalmente con materia orgánica proveniente de las excretas animales, preferiblemente vacuna, aunque se puede utilizar también excreta porcina proveniente de los residuales del lecho de secado, excreta caprina carnero, chivo u oveja de conejo, equino, cachaza, pulpa de café y otros.

Además se puede utilizar, aunque con investigaciones previas, los lodos de las plantas de tratamiento de residuales urbanos, desechos de plantas beneficiadoras de frutas y otros muchos desechos orgánicos, entre ellos el papel.

Es necesario conocer que la lombriz de tierra es capaz de ingerir todos los materiales con excepción de los metales, vidrio, plásticos y gomas.

Todo alimento debe ser administrado a la lombriz con características que permitan su ingestión, si se tiene en cuenta que la lombriz no tiene un aparato masticador y precisa que esta pueda ser succionada por su boca. Por tanto debe tener las siguientes características:

- 1.- Un pH alrededor del neutro.
- 2.- Un grado de humedad que le permita su ingestión.
- 3.- Lo suficientemente desmenuzada y mullida.
- 4.- La no presencia de sustancias tóxicas o dañinas para la lombriz.

Siempre y cuando se cumplan estos requisitos pueden suministrarse diferentes fuentes de materia orgánica y obtener buenos resultados al mezclar éstas.

Un efecto altamente beneficioso se ha observado con el papel, ya que está demostrado que un aumento en el contenido de celulosa en la alimentación favorece la reproducción.

El papel además neutraliza el efecto de excretas con un pH alto y se recomienda utilizarlo habitualmente en la alimentación de las lombrices.

Cantidad y periodicidad del alimento. La cantidad de excretas a suministrar, así como la frecuencia está determinada por la concentración de lombrices que contenga el cantero o canoa.

Como norma general se aplica una capa de excreta de 15 cm de espesor cada 10 días, sin embargo, esto lo determina la densidad de población, ya que a mayores concentraciones de lombrices consumirán el alimento mas rápidamente.

Una forma simple de saber la necesidad de alimento es observando la superficie del cantero. Generalmente el humus recién excretado por las lombrices tiene la apariencia de la borra de café y observando detenidamente este material se ve la formación de pequeños tabaquitos. Cuando la superficie presenta esta apariencia en su gran mayoría es síntoma inequívoco que es necesario alimentar.

Esto sucede porque las lombrices comen en la superficie en horas de la noche y constituye una señal indicadora de que han comido todo el alimento.

Mediante esta observación podremos determinar con exactitud la frecuencia y espesor de la capa de alimento que se debe aplicar.

Densidad de la población. Se define a la cantidad de individuos presentes por unidad de área. La densidad de población de un cultivo de lombrices puede llegar a su clímax cuando las condiciones para su desarrollo son óptimas. Cuando numéricamente la población de lombrices es superior a la de sus enemigos pueden dominar en la comunidad, pero para que esto ocurra, ellas necesitan de un espacio vital donde se le facilite su desarrollo.

Cuando en un área pequeña hay alta densidad de población los alimentos comienzan a escasear y el espacio vital se reduce dominando los individuos más fuertes y mejor adaptados. En estos casos puede observarse migraciones de las poblaciones adultas y escasez de huevos en el cultivo, entre otros fenómenos.

Para realizar el muestreo debemos utilizar un monolito que es un instrumento que se utiliza para sacar muestras, con él se extrae un bloque del material a muestrear de la profundidad deseada con un área de 20 x 20 cm (400cm²). (ver figura 20).

En la muestra tomada se cuentan las lombrices adultas, juveniles y los capullos (ver figura 21).

Los datos se deben expresar en m² ya que de esta forma se pueden establecer comparaciones. Para llevar los datos de un área de 400 cm² a 1m² solo se necesita multiplicar los valores obtenidos por 25. Ejemplo:

$$\begin{aligned}\text{Número de adultas} \times 25 &= \text{Adultas } \backslash \text{m}^2 \\ \text{Número de juveniles} \times 25 &= \text{Juveniles } \backslash \text{m}^2 \\ \text{Número de capullos} \times 25 &= \text{Capullos } \backslash \text{m}^2\end{aligned}$$

El muestreo se debe realizar en los canteros y canoas para determinar la cantidad de lombrices y capullos. Las muestras se deben sacar una de cada uno de los extremos del cantero y la canoa en dependencia del tamaño y siempre en horario de la mañana.

Aunque se recomienda estas medidas para el monolito de muestreo, se pueden que no utilizar otras medidas, la única condición es que este tenga 10cm de alto y conocer el área.

Pie de cría. Se denomina pie de cría a la cantidad de lombrices necesarias en cuanto a peso, o en cuanto a número que permite efectuar una siembra y facilita obtener una población de lombrices fuertes para ser cultivadas, teniendo en cuenta el material acompañante (substrato) que le sirve de hábitat y alimento.

En cuanto a peso se debe sembrar 2 Kg. de lombrices por 1 m² de superficie.

En cuanto al número de lombrices según la experiencia acumulada se ha demostrado que sembrando cinco mil lombrices por m² de cultivo a los tres meses se obtienen desde once mil a dieciséis mil lombrices.

El pie de cría cuando se transporta a grandes distancias se debe hacer en cajas, las que deben poseer preferiblemente 60 cm de largo x 30 cm de ancho x 25 cm de alto, son de madera sin cierre hermético para facilitar la ventilación de la excreta y de las lombrices. (ver figura 22).

Las lombrices no deben permanecer por más de 72 horas en las cajas de transportación y se debe cubrir la parte superior de la superficie de la excreta donde está el pie de cría con papel para conservar la humedad necesaria, la que a su vez sirve de alimento a las lombrices durante el viaje.

Se ha comprobado que el pie de cría se puede trasladar por aire o por tierra sin que se afecte durante la transportación, aún cuando se efectúa entre países.

No obstante lo anterior y cuando la distancia a recorrer no es mucha se puede trasladar el pie de cría en cualquier recipiente siempre que se mantenga buena alimentación, temperatura y humedad y que el lugar donde se va a ubicar se encuentre previamente preparado

Prueba de caja. La prueba de caja no es mas que una prueba biológica donde se utiliza la lombriz como animal de ensayo. Esta se realiza para conocer el estado de la excreta que se va a aplicar, ya que no basta conocer que el pH sea adecuado, a veces hay sustancias químicas que no alteran el pH y que son perjudiciales para las lombrices, como por ejemplo los pesticidas.

Esta prueba consiste en colocar 50 lombrices en una caja con el alimento que se va a utilizar en los canteros o canoas. A las 24 horas se deben contar las lombrices vivas y si hay mas de 49, el alimento puede utilizarse, mientras que si el número es menor el alimento no debe ser utilizado.

Si hay menos de 49 lombrices vivas, la excreta no puede utilizarse.

La prueba de caja es de obligatorio cumplimiento antes de proceder a la alimentación de canteros y canoas. De no realizarse pueden ocurrir accidentes catastróficos en el cultivo (ver figura 23 y 24).

Organización del área de estercolero. Generalmente la excreta fresca presenta valores de pH superiores a 8, por lo que no es recomendable su utilización como alimento para las lombrices. Esta excreta fresca puede conocerse fácilmente por su color verdoso, su fuerte y desagradable olor, su exceso de humedad y su temperatura que es generalmente alta por los procesos de fermentación que se llevan a cabo con ella.

Por este motivo el área de almacenamiento de la excreta debe organizarse de tal forma que garantice la disponibilidad de esta en la forma adecuada.

Con este objetivo se recomienda que a medida que llegue la excreta de la vaquería o de su fuente de origen, se determine el pH y se harán tantas pilas como sean necesarias, numerándolas y clasificándolas por su estado de descomposición. De esta forma se irán utilizando las de pH más adecuado dando tiempo al resto de las pilas a su maduración.

Para acelerar el proceso de fermentación se recomienda virar las pilas.

Muestreo. El muestreo es una de las labores más importantes a realizar para que el cultivo se establezca sin dificultades, por medio de el se puede conocer como se encuentran las poblaciones, la cantidad de lombrices y capullos en cada uno de los perfiles.

Si la población de lombrices tiene todas las condiciones que necesita para su desarrollo habrá una densidad superior a las 20 000 lombrices x m². Como ya se dijo anteriormente el número de capullos es muy importante, ya que si las condiciones no son favorables, la reproducción disminuye. Cuando las lombrices tienen las condiciones óptimas aumenta el número de apareamientos.

Otro dato que proporciona el muestreo es la relación entre juveniles y adultas. En una población sana deben encontrarse todos los estadios de vida de las lombrices. Cuando una población sólo tiene lombrices adultas es que no hay reproducción y cuando solo hay juveniles, las condiciones son adversas, ya que este estadio es el más resistente.

El muestreo se debe realizar en los canteros y canoas para determinar la cantidad de lombrices y capullos. Las muestras se deben sacar una de cada uno de los extremos del cantero y la canoa y uno del centro(en dependencia del tamaño), para de esta forma tener datos representativos de la realidad.

Las muestras se deben recoger en bolsas de nylon señalando claramente a que parte del cantero pertenecen, para poder llevar el control del número de lombrices y capullos sin dificultad y de esta forma hacer las comparaciones necesarias entre las muestras y los muestreos.

El conteo del número de lombrices y capullos nunca debe ser pasadas las 24 horas de sacada la muestra ya que se pudiera afectar la población.

Al evaluar el muestreo, el número de capullos debe estar por encima de las 500/m²; los individuos adultos deben representar el 40% del total de lombrices y los juveniles el 60%,

Los muestreos se deben realizar mensualmente para saber como se va desarrollando el cultivo de lombrices.

Extensión del cultivo.

Una vez que se ha efectuado el muestreo y ha brindado las cantidades óptimas de lombrices, se procede a la ampliación del cultivo que se conoce como “desdoble”.

Extensión del pie de cría. Procedimiento.

Se divide la canoa en dos partes transversalmente y se sacan los 10 cm superiores de la primera mitad cubriendo con excreta nuevamente toda la superficie regandose para facilitar la humedad necesaria.

La capa de 10 cm extraída se pone en una nueva canoa, pasada una semana se repite la operación transfiriendo la nueva capa de estiércol a otra canoa de la forma ya explicada

A la tercera semana, se repite la operación hacia la segunda canoa y no se alimenta, ya que la parte inferior, o sea la restante es el humus, el cual se extrae conteniendo aproximadamente 5% de lombrices.

Terminada esta operación en la canoa original se esparce la mitad restante hacia toda la canoa y se aplican 10 cm de excreta vacuna u otro alimento. De esta forma se obtienen 2 nuevas canoas de pie de cría a partir de la canoa original.

Extensión de canteros

Cuando el cantero alcance densidades superiores a las 20 mil lombrices por m² se procede a la extensión.

La extensión se realiza de manera muy parecida a la descrita para la canoa y su objetivo es aumentar el área de cultivo. Para iniciar la extensión parcial se preparan 3 nuevos canteros de 10 a 15 cm de altura del alimento a utilizar.

Al llegar el momento del desdoble se alarga el último proceso de alimentación a 15 días en vez de a 10 como se acostumbra para lograr hambre en la lombriz y que suban la mayor cantidad posible al nivel entre 0 a 10 cm.

Se transportan los primeros 10 cm de la capa superior del cantero, esparciéndose en otro cantero nuevo que se ha preparado para recibir este contenido.

Se alimentan ambos canteros, en toda su superficie, tanto el recién formado como al que se le extrajeron los 10 cm. A la semana siguiente se repite la operación que sería la segunda, se alimenta y riega y se continúa hasta un tercer paso se han trasladado las restantes lombrices.

Cosecha del humus y de las lombrices.

La cosecha se realizará con no más de 4 meses de permanencia en el cantero y 60 cm de altura. Esta consiste en separar el humus de las lombrices y aunque se recomienda realizarla cuando el cantero alcanza los 60 cm de altura, se puede hacer antes en dependencia de la necesidad del productor, pero nunca por encima de los 60 cm. Esto garantizará un rendimiento estimado de 0,75 t/m²/año.

Métodos de cosecha

Método con malla. La cosecha puede realizarse de diferentes formas aunque la más efectiva resulta ser colocando una malla en la superficie del cantero y depositando el alimento sobre ésta, al cabo de tres o cuatro días cuando las lombrices suban a comer (lo cual se aprecia visualmente) se retira la malla y con ella las lombrices. Esta operación se repite cuantas veces sea necesaria.

Método del raspado. Manualmente se extraen los 10 cm superiores de toda la superficie de la canoa con la ayuda de una pala y un vagón, se vierte ese contenido en una canoa de nueva creación, se alimentan y se riegan.

En la segunda semana, se extraen de la misma canoa o canteros otros 10 cm, se depositan en una segunda canoa de nueva creación, se alimentan ambas y se riegan, entonces las lombrices subirán a la excreta a comer de ella.

Ya en la tercera semana se extraen los últimos 10 cm superiores donde quedan aproximadamente el 5% de las lombrices. De esta forma se extrae el humus que está en el fondo de la canoa o cantero.

Método de la pirámide. Se extraen los primeros 10 cm del cantero o canoa y se exponen al sol en forma de cono. Al cabo de 20 o 30 min. se abre el cono y se extraen las lombrices agrupadas en el centro y en el fondo separadas del humus.

Método de tamizado. Consiste en hacer pasar el material extraído de la superficie del cantero por tamices que permitan separar el humus de las lombrices.

Almacenamiento del humus de lombriz.

Los estudios realizados hasta la fecha en lo que concierne al almacenamiento del humus una vez cosechado, independientemente de las formas que se utilicen, demuestran que después de los 9 meses se producen pérdidas en la calidad del mismo. Los rangos a tener en cuenta para evaluar la calidad del humus establecen varias categorías con parámetros bien definidos. Ellos son:

Superior: más del 50% de MO y C/N 10 a 15.

Primera: 40 a 49% de MO y C/N 15 a 20.

Segunda: 30 a 39% de MO y C/N 20 a 25.

Tercera: Menos de 30% de MO y C/N mayor de 25.

Medidas sanitarias.

El cumplimiento de las medidas sanitarias en el trabajo con el cultivo de las lombrices es muy importante, ya que se trabaja con excreta y estos materiales son potencialmente portadores de parásitos y enfermedades, por tanto se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Trabajar con guantes de goma, botas de goma que se puedan dejar en el lugar de trabajo.
- Una medida obligatoria es el aseo intenso de las manos con jabón amarillo o desinfectol preferentemente y cepillar bien las uñas cada vez que se termine el trabajo o antes de ingerir algún alimento.
- No se puede fumar mientras se está trabajando.
- La ropa utilizada debe permanecer en el área

Ventajas y Beneficios de la lombricultura.

La lombriz resuelve uno de los problemas más urgentes de la humanidad desde el punto de vista ambiental, si tenemos en cuenta la gran cantidad de basura, lodos, residuos de desechos agrícolas y urbanos que se acumulan y constituyen un problema interno de espacio, de salud, de contaminación y de combustible.

El cultivo de la lombriz ofrece un producto biológico y orgánicamente superior que tiene el título del mejor de los fertilizantes. Una tonelada de humus equivale a 10 toneladas de estiércol.

Soluciona la carestía cada vez mas acusada y la falta de fertilizantes orgánicos para aumentar la producción agrícola.

Sustituye los fertilizantes químicos cada vez más costosos y contaminantes.

El humus de lombriz tiene una alta calidad debido a su efecto en las propiedades biológicas del suelo y se dice que “Vivifica el suelo”. Presenta 2 billones de colonias de bacterias por gramo de humus

Es un estimulador biológico de la fertilidad por el aporte que hace equilibrado de vitaminas fitoregulatoras naturales, auxinas, enzimas, micro y macroelementos, ácidos húmicos y fúlvicos.

El uso indiscriminado de fertilizantes químicos ha llevado a un agotamiento de los suelos, el humus ofrece una respuesta ecológica inmediata, generando completamente estos suelos estériles.

El humus ya se ha convertido por todas sus propiedades en un producto codiciado y puede ser utilizado en todos los renglones de la producción agrícola.

Otro renglón de la Lombricultura de vital importancia es como fuente de proteína, ya que las lombrices pueden ser utilizadas vivas o como harina de lombriz. Cuando se emplean vivas su destino lo constituyen las instalaciones dedicadas a la acuicultura y cría de peces como truchas, carpas, salmones y últimamente anguilas.

En forma de harina se puede emplear en la preparación de piensos compuestos y correctores proteicos, pues su alto contenido en cuanto a cantidad y calidad la hacen idóneo para esta actividad, utilizada en la dieta de aves y en la ganadería.

La lombriz posee un alto contenido de aminoácidos que permite un uso farmacéutico a partir del cual se extraen y pasan a formar parte de reconstituyentes vitamínicos-aminoácidos indicados en el tratamiento de personas débiles, ancianos, niños. Igualmente pueden ser utilizado en veterinaria.

Otro uso de la lombriz es en la pesca deportiva, donde se plantea por los expertos posibilidades mas ventajosas en cuanto a movilidad, textura, color por parte del híbrido rojo californiano en relación a otras especies.

El humus de lombriz es un abono orgánico abundante en nutrientes. Por esta razón puede ser utilizado en dosis más bajas que el resto de los abonos orgánicos lo que garantiza la fertilidad de suelos y sustratos

La cantidad a emplear depende de la modalidad de cultivo que se explote.

A continuación se recomienda algunas dosis de humus.

Huertos familiares -----	600 gramos/m ²
Flores -----	20 a 50 gramos / planta
Césped -----	500 g/m ²
Macetas -----	8 cucharadas por maceta.
Plantas medicinales -----	30 a 40 g / planta.
Huertos Intensivos-----	0,6 a 1 kg/m ² .
Organopónicos -----	0,6 a 1 kg/m ² .

ABONOS LÍQUIDOS

Entre los abonos líquidos más comunes que se pueden utilizar en la agricultura urbana se encuentra la orina y el té de estiércol.

Orina.

La orina es un abono rico en nitrógeno. Se estima que un litro de orina equivale a 20 g de nitrógeno.

La orina de los animales se puede colectar en los establos cuyo piso es cementado. Es necesario que la orina se guarde en un recipiente con tapa para evitar malos olores, moscas y que además se pierda su valor fertilizante.

Para aplicar la orina como abono se debe diluir un litro de orina en 5L de agua fresca (ver figura 27). A continuación se asperja la dilución al follaje de las plantas. El resultado se verá a los pocos días y su acción en las plantas es similar a la que produce la urea.

Figura 26 Preparación de abono foliar con orina.

Té de estiércol.

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

En la preparación del té se colocan 12 kg de cualquier tipo de estiércol, se coloca una piedra grande (para darle peso), se amarra bien el saco con una cuerda luego se introduce el saco en un tanque con capacidad para 200 L de agua, se tapa y se deja fermentar durante dos semanas. Al cabo de ese tiempo se retira el saco quedando listo el Té de estiércol.

Para aplicar este abono debe diluirse una parte de Té de estiércol en una parte de agua fresca y limpia, posteriormente se aplica en bandas a los cultivos o alrededor de los árboles de frutales hasta donde se extienden las ramas.

También puede aplicarse este abono a través de la línea de riego por goteo (200 L/ha) cada 15 días (ver figura 28).

Figura 28.Preparación del té de estiércol

CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE MATERIA ORGÁNICA

Para alcanzar la debida uniformidad en el proceso de cálculo se deben tener en cuenta los índices que se exponen en la siguiente tabla.

Tabla . Índices de conversión de metros cúbicos a toneladas métricas.

Tipo de materia orgánica. (1m ³)	Conversión a toneladas.
Estiércol fresco (cebadero)	0,7
Estiércol fresco (vaquería)	0,4 a 0,5
Estiércol fresco (procesado)	0,6 a 0,7
Gallinaza	0,3 a 0,4
Turba con 60 % de humedad	0,6 a 0,8
Cachaza	0,5 a 0,6
Pulpa de café	0,25 a 0,35
Estiércol porcino	0,5 a 0,6
Estiércol porcino (laguna facultativa)	0,7 a 0,8
Cáscara de arroz, aserrín, paja de caña, ceniza, residuos de silos, residuos de cosechas y otros.	0,2 a 0,3
Otros estiércoles (ovino, equino, conejo)	0,5

Para determinar la producción de excretas sólidas de estiércol vacuno hay que tener en cuenta que: _

En cebaderos de toros estabulados es de 8 kg/ día/animal.

En centros de preceba estabulada es de 4 kg/día / animal.

En centros de recría típicos es de 1 kg /día / animal.

En centros de recría rústicos la producción de excretas sólidas es de 0,5 kg/ día /animal.

En vaquería típica es de 5 kg/día / animal.

En vaquería rústica es de 2 kg/día/ animal.

En centros de ceba no estabulados típicos es de 5 kg/día/ animal.

En centros de ceba no estabulados rústicos es de 2,5 kg/día/animal.

Para el cálculo de los potenciales en la producción de excretas sólidas porcinas tener en cuenta que:

En cebadero la producción de 5 kg/día/animal.

En centros de cría es de 1,5 kg/día/ animal.

En centros de multiplicación es de 5 kg/ día/ animal.

Para el cálculo de los potenciales de producción de gallinaza tener en cuenta que:

Ponedoras en jaulas es de 101g/ día/animal.

Reemplazo de ponedoras inicio en piso/camada de 46g/ día/animal.

Reemplazo de ponedoras desarrollo en jaulas es de 55 g/ día/animal.

Productor ligero (crianza) en piso/camada es de 85 g/ día /animal.

Reemplazo reproductor ligero en piso/camada es de 46 g /día /animal.

Ceba en piso/camada es de 44 g / día/animal.

Reproductor pesado en piso /camada es de 98 gr /día /animal.

Reemplazo de reproductor pesado en piso/camada es de 60 gr /día/animal.

Un matadero de aves puede producir 300 a 600 t /año de material sólido.

Para el cálculo de los potenciales en la producción de pulpa de café tener en cuenta que:

Una lata de café cereza pesa 12,7 kg. y el residual sólido a utilizar como materia orgánica sin considerar mermas representa el 40 % de la producción cafetalera de la zona. También se puede asumir la misma proporción en el café de despulpe.

Para el cálculo de los potenciales de producción de otras fuentes, tener en cuenta que:

Un ovejo produce 0,5 kg/ día /animal de excretas sólidas.

Un equino produce 10 kg/ día /animal de excretas sólidas.

En Cuba por cada millón de toneladas de azúcar fabricadas se producen 285 mil toneladas de cachaza.

En el caso del guano de murciélago cada tonelada extraída puede usarse directamente, siendo necesaria una adecuada coordinación con el MINSAP.

Observaciones:

Para calcular los materiales que en forma de montones se pueden encontrar, se deberá determinar el volumen de las mismas teniendo en cuenta largo x ancho x alto y después se multiplican por el factor de conversión a toneladas según la tabla 6.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- Burés, Silvia. Sustratos. En: *Agrotecnía*. Madrid. España. 342 p. 1997.
- Carrión, M. /et al/. Sustrato para organopónicos comportamientos de diferentes mezclas. En *AGRONAT 97- Universidad de Cienfuegos*, 7p., 1997.
- Carrión, M. Fertilidad y rendimientos para la producción de hortalizas en la Agricultura Urbana. En: *Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana*. Seminario Taller. FIDA- MINAG-CIARA,(s.a) 11-15p., 2000.
- Carrión, M. /et al/. Hidroponía Orgánica en Cuba. En: *Curso taller Internacional de hidroponía*. Lima, Perú. Universidad Nacional Agraria. La Molina, 16-34p., 1996.
- Casado, G. I. Cultivos de Horticolas en Agricultura Ecológica. En: *Comité de Andaluz de Agricultura Ecológica*. (C.A.AE). Sevilla. Boletín 3.3. 10p., 1998.
- Cid Ballarín, M^a del carmen. Materiales utilizados en la elaboración de sustratos. En: *Agrícola Vegetal*, (141) 492-500p., 1993.
- Companioni, N. /et al/. La Agricultura Urbana en Cuba. En: *Revista Latinoamericana de Desarrollo Rural*. 4 (5). 47-53p., 1999.
- Companioni, N. /et al/. La producción de alimentos en las ciudades de Cuba y su impacto en la población. Estructura y fundamentos orgánicos. En: *III Curso de Agricultura Tropical*. La Habana, 98- 117p. 1999.
- D. Hoore. J. Influence de la mise en culture sur evolution des sols dans la zone de foret dense de basse et attitude. En : *Tropical Soil and Vegetation*. Vnesco, 49-58. 1961
- Dalzell, H. W. Et al. Manejo del suelo. Producción y uso de compotes en ambiente tropicales y Subtropicales. Roma. En: *FAO*, 177p. 1991.
- Davin, B. Consideratios sur interpretation agromique analyses de solen pays tropicaux. Rapp. En: *VI e Congr. Inst. Sci*, Paris, Vol DÑ 403-409. 1956.
- Fonseca R. /et al/. El humus de lombriz como variante de sustitución del fertilizante mineral en el cultivo del tomate. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 299-300p. , 2001.
- Freddy, Tiro P. El Impacto de los residuales del beneficio industrial del café: perspectivas como abonos orgánicos. En: *Trópico 99*. La Habana, 231p., 1999.
- Gandarilla, J. L. y Martínez, F. Manipulación y uso del humus de lombriz en cuba. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana. p. 289. , 2001.
- Gandarilla, R. /et al/. Alternativas para la Nutrición de los cultivos en Organopónico. En III. Humus de lombriz. En: *Memorias del Primer Taller sobre Mejoramiento y Conservación de suelos*. 90p., 1994.
- Guerrero, B. Abonos Orgánicos. En: *Tecnología para el manejo ecológico del suelo*. Lima Perú, 90p., 1993
- Hermoso. D, Girón . C., Torlero J, González. L. Producción de Vermicompost a partir de cáscara de cacao. Su efecto sobre el crecimiento de plántulas de Capsicum annum. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana p. 293. , 2001.
- ICIDCA. Instructivo para la elaboración de compost (abono orgánico) a partir de la Agroindustria Azucarera. En: *Dirección de Agrotecnía*. MINAZ. P.39. 1991.
- Kolmanas, Enrique y Darwin Vázquez. Manual de Agricultura Ecológica. En: *MAELA-SIMAS*, 27-103p., 1996.
- Martínez C, Martínez J. C. Lombricultura y agricultura orgánica. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 293-294p., 2001.
- Martínez, C. y Martínez J. C. Lombricultura Técnica Mexicana. México. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 289-290p., 2001.

Martínez Rodríguez Francisco, /et al/. Basura Urbana, Lombricultura y el peligro de contaminación de sus productos. En: *2do Congreso Iberoamericano de Química y física ambiental*, Varadero, 102p. ,2001.

Mayea Silverio, S. Instructivo para la elaboración de compost (Biotierra) a partir de desechos de la agricultura mediante el uso de inóculos microbianos. 14p., 1993.

MINAGRI. Manual Técnico de organopónicos y Huertos Intensivos. En: *Grupo Nacional de Agricultura Urbana*. 145p. 2000.

MINAGRI. Grupo Nacional de Agricultura Urbana. En: *V Encuentro Nacional de Agricultura Urbana*, Santiago de Cuba, 2001.

Ortega Sastrigues, F. Composición fraccional del humus en suelos de Cuba En: *Tesis para opción del grado a Doctor en Ciencias Agrícolas*. Instituto de Suelo, La Habana, Cuba. 1985

Paneque, V. M. Abonos orgánicos. En: *Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación*. La Habana, 3p., 1998.

Paneque, V. M. y Calaña, J. M. Valor fertilizante de los residuales líquidos de la industria azucarera y sus derivados. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 163p. , 2001.

Peña, E.; Companioni, N.; Carrión, M. y Rodríguez, A. La materia orgánica: Factor decisivo en la fertilidad de los suelos y sustratos. En: *III Curso de Agricultura Tropical*. La Habana, 135- 157p., 1999.

Peña, E.; Companioni, N.; Carrión, M. y Rodríguez, A. Abonos Orgánicos: Su producción y manejo. En: *Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana*. Seminario –Taller. FIDA-MINAG-CIARA., 16-25p., 2000.

Peña E. Companioni N, Carrión M., Rodríguez. La materia orgánica: Su producción y manejo. En: *Organopónicos y la producción de alimentos en la Agricultura Urbana*. Seminario- Taller. FIDA.MINAG-CIARA. p. 16-25. 2000.

Peña E. La Cachaza como sustrato en Organopónicos. En: *Segundo Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica*. La Habana, 1995.

Peña. R. Dos métodos de obtención de abonos orgánicos a partir de los residuales de la industria del cítrico, impacto sobre el medio ambiente y su evaluación. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 292p. , 2001.

Pérez. Domínguez, C. T. Telleria, T. y Jiménez, R. Cultivos Hidroponicos. Elementos Tecnológicos. En: *CIDA*, La Habana. 1989.

Pérez, D. et al. Alternativas bio-orgánicas para mantener rendimientos estables en organopónicos. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 106p. , 2001

Pomares Fernando. Conferencia sobre La Materia Organica. En: *II da Jornada de Agricultura Ecologica*. Valencia España. 22p . 1996.

Primavesi, Ana. Agricultura Sustentable. Manual do produtor rural. En: *Nobel Sao Paulo*, 142p., 1992.

Rodríguez, N. A.; Concepción, N.; Ramírez, C. M. y Peña, E. Guía práctica para el uso y manejo de la materia orgánica en la agricultura Urbana, La Habana, 8p., 2001.

Suárez. J. J, González. P. J, Baños. R. Reciclaje de residuos orgánicos para la producción de compost. En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana. 295-296p. , 2001

Suquilanda, M. B. Agricultura orgánica. Alternativas. Tecnología del futuro. En: *FUNDAGRO*. Quito, 654p., 1996.

Toledo L, Silveira J, Batista A. Uso del humus de lombriz en la CPA “Mártires de Cumanayagua” para el cultivo del tabaco (*Nicotiana tabacum*). En: *IV encuentro de agricultura orgánica*. ACTAF. La Habana, 299p. , 2001.

Uranga Balanzategi J: El Compostaje En: *Monográficos Bio- Lur*. 38p. 1995.