

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE INGENIERIA



***Temperatura y Humedad de los Materiales Orgánicos
en su Proceso de Descomposición***

Por :

ABEL MÉNDEZ AVILA

MONOGRAFÍA

***Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:***

Ingeniero Agrónomo en Suelos

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo de 1999

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ ANTONIO NARRO “**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE SUELOS**

**TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LOS MATERIALES ORGÁNICOS
EN SU PROCESO DE DESCOMPOSICIÓN**

Por:

ABEL MÉNDEZ AVILA

MONOGRAFÍA

**Que somete a consideración del H. Jurado Examinador
como requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN SUELOS

**M. C. Alejandro Hernández Herrera
Asesor Principal**

**M. C. Ricardo Requejo López
Sinodal**

**M.C. Rómmel de la Garza Garza
Sinodal**

**Ing. Pedro Recio Del Bosque
Suplente**

**Ing. Jesús R. Valenzuela García
Coordinador División de Ingeniería**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Marzo de 1999**

INDICE GENERAL

Página

INDICE GENERAL..... i

INDICE DE FIGURAS	iii
INDICE DE CUADROS	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS	vi
1. INTRODUCCION.	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	4
.....	
2.1 CONCEPTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD.	4
2.1.1 TEMPERATURA.	4
2.1.2 HUMEDAD	6
2.2 TEMPERATURA Y HUMEDAD DE LOS MATERIALES ORGÁNICOS EN SU PROCESO DE DESCOMPOSICION	8
2.2.1 TEMPERATURA.....	8
2.2.2 HUMEDAD	13
2.3 LOS MICROORGANISMOS EN LOS SUBSTRATOS EN RELACION CON LA TEMPERATURA Y HUMEDAD	16
2.4 ALGUNAS REACCIONES QUIMICAS QUE SE PRESENTAN AL INCREMENTO DE LA TEMPERATURA.	23
2.4.1 NITRIFICACION.	25
2.4.2 DESNITRIFICACION.	25
2.5 LIMITES PARA TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA	

DISPONIBILIDAD DE NUTRIMENTOS	28
2.6 EL COLOR Y OLORES COMO INDICADORES EN EL PROCESO DE COMPOSTAJE.	32
2.7 TIPOS DE MATERIALES Y SU VELOCIDAD DE DISMINUCION O AUMENTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN RELACION CON LAS ESTACIONES DEL AÑO	34
3. CONCLUSIONES.	36
3.1 OBSERVACIONES OBTENIDAS EN UNA COMPOSTA REALIZADA EN TERRENOS DE LA UAAAN DE ABRIL A JUNIO DE 1998	40
4. LITERATURA CITADA.	45
5. APENDICE	51

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Frecuencia de volteo en una composta y el comportamiento de su temperatura	12
Figura 2. Comportamiento de los microorganismos en la descomposición de los materiales orgánicos, considerando temperatura, pH y tiempo	20
Figura 3. Ciclo del nitrógeno	24
Figura 4. Descomposición de la materia orgánica	27

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Microflora total de las deyecciones de lombríz	22
Cuadro 2. Microflora en la producción de compostas.	22

DEDICATORIA

A DIOS:

Por ser mi compañero y mi amigo en todo momento porque sólo él sabe de mis triunfos y mis derrotas, de mis alegrías y sufrimientos, quien me ha iluminado en los momentos más difíciles de mi vida. Por ser la fuente del saber y del amor y por darme todo aun sin merecerlo.

A MIS PADRES

**ANIBAL MÉNDEZ HERNÁNDEZ
CARMEN AVILA DE MÉNDEZ**

Con el más profundo amor, y admiración dedico con entereza este humilde y pequeño tributo. A esos dos pilares tan apreciados en mi vida a quienes sin tomar en cuenta sus desvelos, penalidades y sacrificios depositaron en mí toda su confianza para ser posible uno de los objetivos importantes en mi vida; ya que con sus consejos y ejemplos me han guiado por el camino de la superación.

A MIS HERMANOS

**CONCEPCIÓN
PEDRO
NOÉ**

Quienes con su cariño, confianza y amistad me han servido de apoyo para la realización de una de mis metas.

A MIS SOBRINOS

SONIA DEL CARMEN

MARIA ELIZABETH

NORMA YAQUELIN

RICARDO ANIBAL

RENE ANIBAL

Por esos momentos de felicidad que hemos pasado juntos y por sus bellas sonrisas que me han brindado.

A LAS FAMILIAS.

MARTINEZ RODRIGUEZ

MORALES SANTIAGO

ARGUELLO SANTIAGO

Por su valioso apoyo y motivación, así como su confianza que me transmitieron en cada momento, pero sobre todo por los lazos de unión y fuerza que existe entre la familia, en los momentos buenos y malos de mi vida, que fueron los que me dieron la fuerza necesaria para ver realizada mi primera meta en la vida.

En especial a la Srita. **Arcelia** por todo ese amor y comprensión que me demuestra en cada instante de mi vida. Porque contigo siempre comparto mis horas de felicidad y tristeza.

AGRADECIMIENTOS

A mi **ALMA TERRA MATER.**

Porque me ha dado los conocimientos necesarios para poder enfrentarme a la vida como un profesionalista.

Agradezco al M. C. Alejandro Hernández Herrera, por su valiosa participación, dedicación, asesoría y sugerencias para lograr este trabajo. Así mismo por la amistad y confianza que me brindo a lo largo de toda mi formación académica.

Al M. C. Ricardo Requejo López, por sus sugerencias, revisión de este trabajo y disponibilidad en todo momento.

Al M. C. Rómmel de la Garza Garza, por su gran interés, disponibilidad y aportaciones hechas al presente trabajo.

A todos los que integran el departamento de suelos que de una u otra forma fueron parte fundamental de mi formación profesional, mil gracias.

1. INTRODUCCIÓN

El compostaje de los materiales orgánicos ha sido practicado durante cientos de años por agricultores en diversas partes del mundo. Probablemente el ejemplo más significativo es el de los chinos en los deltas de los ríos, ya que mediante la integración al suelo de los residuos de cosecha, basuras y barros aluviales transportados por ríos y canales, han sido capaces de mantener alta densidad de población, sin que la fertilidad y estructura se hayan deteriorado, Hutchinson y Richard (1986) (citados por Coronel 1996), trabajaron en Reino Unido en la producción de “abono artificial de establo, a partir del compostaje de la paja con un activador como aportador químico del nitrógeno necesario en la reacción.

La temperatura y humedad son propiedades físicas importantes de los materiales orgánicos, que se deben considerar en el proceso de compostaje, ya que de estos factores depende la calidad de la composta, la cantidad de microorganismos encargados de desintegrar las partículas de los materiales y la cantidad de nutrimentos disponibles para las plantas.

Los desechos orgánicos contienen frecuentemente algunos patógenos (organismos causantes de enfermedades), de origen vegetal, animal o humano, los cuales mediante su exposición de este material a temperaturas de 55 a 60° C, alcanzadas y sostenidas normalmente cuando menos 10 días dentro de una pila de composta,

produce una muerte efectiva de la mayor parte de ellos, malas hierbas y varias semillas de malezas, de manera que los problemas no se trasladan a cultivos donde se usen estos materiales (Dalzell et al, 1991).

La composta es la descomposición biológica de los materiales orgánicos voluminosos en condiciones controladas que se efectúa en pilas o en depósitos. Este proceso se lleva a cabo en tres pasos: 1) una etapa inicial, que dura unos cuantos días, en la cual ocurre la descomposición de materiales solubles degradables, 2) una segunda etapa, de dos meses, en lugares donde la temperatura ambiente oscila entre los 25 a 30° C, durante la cual ocurren temperaturas elevadas y son desintegrados todos los compuestos y 3) una etapa final de estabilización en que disminuye la temperatura y los microorganismos colonizan el material (Hartmann y Kester, 1987).

Para elaborar una composta, la mayoría de los materiales orgánicos deben ser reducidos de su tamaño original a unos 10 cm, sometiéndolos a un proceso de fermentación aeróbica, controlando la temperatura y humedad hasta ser transformada en un abono completo llamado “ humus “, el cual mejora las condiciones físicas, químicas y microbiológicas del suelo, además de su fertilidad.

El contenido de materia orgánica de un suelo es determinante en las necesidades de nutrientes, por influir en la capacidad de intercambio catiónico y en la capacidad del suelo para retener el agua. Los suelos que contienen una importante cantidad de materia orgánica (2.5 al 10 %), estarán sometidos a un menor grado de lavado y retendrán en forma disponible la mayor cantidad de nutrientes que los suelos con bajo

contenido de materia orgánica, circunstancias que determinarán que disminuyan las necesidades de nutrimentales,(Simpson,1991).

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Conceptos de temperatura y humedad.

La temperatura y humedad son dos aspectos que están íntimamente ligados, por esta razón al momento de revisar la humedad, también se verifica la temperatura, ya que la falta de calor al interior de los materiales, o el exceso del mismo, los cuales son indicadores de que algo anda mal en la preparación y funcionamiento de una composta, (González et al,1985).

2.1.1. Temperatura .

El rango de temperatura que propicia una mayor actividad de micro vida oscila entre los 20 y 34° C, (Schnitman y Pipo, 1992).

En la elaboración de la vermicomposta, la temperatura adecuada para una buena actividad de las lombrices, debe oscilar entre los 15 y 25° C en los primeros 30 cm de la superficie, (Schnitman y Pipo, 1992).

La temperatura es el producto de la energía térmica (luz solar) expresada en °C, °F, °K, y en calorías cuando se trata de energía química almacenada en alimentos, (González et al, 1985).

La temperatura es una de las condiciones ambientales más importantes, ya que determina la rapidez con la que los materiales naturales son metabolizados, (Alexander, 1980).

La temperatura del suelo es una propiedad que tiene un marcado efecto sobre todos los seres vivos que habitan en este medio; además, afecta directamente los procesos como los del intemperismo y transporte de materia y energía en el suelo, (Narro, 1994).

Al incrementar la temperatura del aire se incrementa también la del suelo, a una profundidad de 30 cm como máximo, ésta condición favoreciendo el aumento de la actividad microbiana en el sustrato orgánico. La actividad microbiana va acompañada por una liberación de dióxido de carbono, ahora bien, si éste CO_2 reacciona con el agua, forman ácidos que bajan el pH del medio, (Tisdale y Nelson, 1987).

La temperatura del suelo está relacionada con el crecimiento radical, con la absorción del agua y nutrimentos, germinación de la semilla y con la velocidad de respiración radical, (Narro, 1994).

2.1.2. Humedad.

Estudios sobre efectos biológicos de la humedad demuestran que por regiones y en ciertas épocas del año, existe excesiva humedad ambiental y en el suelo, para una actividad biológica óptima, mientras en otras ocasiones el grado de humedad es bajo, dañando a los microorganismos (Alexander, 1980).

El nivel óptimo de humedad para las plantas superiores suele coincidir con la ideal para las bacterias, (Schnitman y Pipo, 1992).

El contenido de humedad en el medio ambiente ejerce un marcado efecto sobre la vegetación, pues modifica el gradiente bajo el cual se difunde el vapor de agua, (Lira, 1994).

El contenido de humedad de los suelos, es muy variable, tanto en tiempo, como en distancia o profundidad para un tiempo dado. El contenido de humedad en el suelo, es en promedio, alrededor del 25 % del volumen del suelo, pero su rango de variación es desde el 5 % hasta más del 45 %.

En algunos procesos de compostaje en los que se introduce aire forzado, la pérdida de humedad puede ser excesiva; esta puede ser el caso en climas muy cálidos con aireación natural, por tanto puede ser necesario proporcionar humedad adicional a la pila de composta. Esta se puede suministrar como agua o como materiales adicionales de alto contenido de humedad, tales como desechos de cítricos y sandía.

2.2. Temperatura y humedad en el proceso de compostaje de los materiales orgánicos.

2.2.1. Temperatura.

Dado que la pérdida de calor es proporcional a la superficie, y la generación de calor al volumen, en las pilas grandes se tendrá un aumento continuo de temperatura, mientras que en las pilas pequeñas se presenta un estancamiento temporal de temperatura de 40° C, (Monrroy y Viniegra, 1981).

Una vez formada la pila, se inicia una fuerte fermentación y la temperatura se eleva hasta unos 72° C, manteniéndose a ese nivel por un período y luego disminuye gradualmente a 33° C, (Rodale, 1946).

Durante los primeros 15 días el rango de temperatura va en aumento hasta los 40 ° C (fase mesófila), posteriormente aumenta hasta alcanzar 75 ° C y en la tercera semana, esta puede alcanzar temperaturas altas por periodos prolongados, aunque algunos microorganismos, principalmente termófilos, se van adaptando al proceso del incremento de temperatura, (Sánchez, 1993).

Al comienzo de la oxidación, actúan ciertas bacterias y hongos que necesitan oxígeno y que toleran temperaturas moderadas (mesófilos). Al poco tiempo el montón de composta comienza a calentarse hasta unos 70 °C y la flora bacteriana mesófila desaparece; tomando su lugar un grupo de organismos también aeróbicos que resistirán a esas temperaturas (termófilos), (Schnitman y Pipo, 1992).

La temperatura máxima que se puede alcanzar biológicamente en un sistema de composteo oscila entre los 75 y 80° C, ocasionalmente se observarán reportes de temperaturas más altas, pero no rebasarán los 90° C, (Haug, 1997).

El calentamiento de masas en fermentación por medio de la actividad microbiana puede alcanzar una temperatura máxima de 76° C, esto es considerando el caso de que esta tenga suficiente agua para que el crecimiento no se encuentre limitado; ochenta

grados centígrados representa el límite de autocalentamiento de masas orgánicas por causas biológicas, (Monrroy y Viniegra, 1981).

Cuando se junta material orgánico para el compostaje, parte de la energía liberada por la descomposición del material se desprende como calor y esto origina un aumento de temperatura.

Al comienzo del procedimiento, el material se encuentra a temperatura ambiente. En la primera etapa, el calentamiento gradual, los microorganismos presentes en el material se multiplican rápidamente y las temperaturas se elevan. Durante este período se descomponen todos los compuestos muy atacables, tales como azúcares, almidones y grasas. Cuando la temperatura alcanza 60° C la actividad de los hongos cesa y la descomposición es llevada por los actinomicetos y las cepas de bacterias que forman esporas (FAO, 1986).

Para el proceso, se estima que en general la temperatura óptima se localiza entre 45 y 59 °C y la máxima entre 59 y 70 °C, por lo que el mejor desarrollo microbiano se logra al mantener la temperatura lo más alto posible (dentro del rango óptimo), sin matar o inhibir a los microorganismos que llevan a cabo el proceso (Montoya, 1997).

En la primera etapa de preparación de una composta y durante las primeras 24 a 48 horas, a medida que la temperatura aumenta hasta los 40 a 50° C, se destruyen los azúcares y otras sustancias de fácil biodegradación. Una vez iniciada la segunda etapa, prevalecen las temperaturas altas entre 55 y 70° C, que destruyen sustancias celulósicas

que son menos biodegradables, predominando en esta fase organismos termófilos, (Hoitink, et al, 1993).

La temperatura dentro de la pila de composta, se eleva debido a la actividad metabólica de los microorganismos. Esto tiene el impacto positivo de matar una gran cantidad de patógenos presentes en el material al ser composteados, pero una elevada cantidad de calor puede ser perjudicial al proceso. Los rangos de temperatura que soportan los microorganismos se dividen en dos categorías, los mesofílicos que soportan temperaturas de 10 a 45° C, y los termofílicos que sobreviven entre los 45 y 70° C. Por lo general los mesofílicos que inician el proceso, son sustituidos por los termofílicos posteriormente y cuando la temperatura vuelve a bajar entran en función otra clase de mesofílicos. La temperatura adecuada puede optimizar el proceso de descomposición y su control es parte del composteo con tendencias a una alta tecnología, (Ramos, 1996).

Espinosa* (comunicación personal), menciona que la composta elaborada con estiércol de aves, bovino, residuos orgánicos y vegetales, se lleva a cabo mediante un proceso biológico dinámico que ocurre al humidificar la materia prima, producto con un alto contenido de bacterias aeróbicas termofílicas, las cuales inician un proceso de descomposición que genera temperaturas hasta de 75° centígrados.

El comportamiento de la temperatura respecto a la frecuencia de aireación se observa en la Figura 1 (frecuencia de volteo); así vemos que cuando los movimientos se realizan cada 3 días, observa que la temperatura alcanza los 54 °C, manteniéndose por un periodo de tres días aproximadamente; después de éste período, esta se incrementa

hasta los 60 °C; por un periodo de 20 días a una temperatura de 55 °C. Cuando los movimientos se llevan acabo cada 10 días, la temperatura se incrementa a los 50 °C, manteniéndose esta por un periodo de 45 días acelerando así el proceso de descomposición, y por último, cuando los movimientos se realizan cada 30 días, es notorio que la temperatura se incrementa hasta alcanzar los 68 °C en un tiempo de diez días, pero no se mantiene por mucho tiempo y esta empieza a descender gradual mente hasta alcanzar la temperatura ambiente que oscila entre los 25 y 35 °C

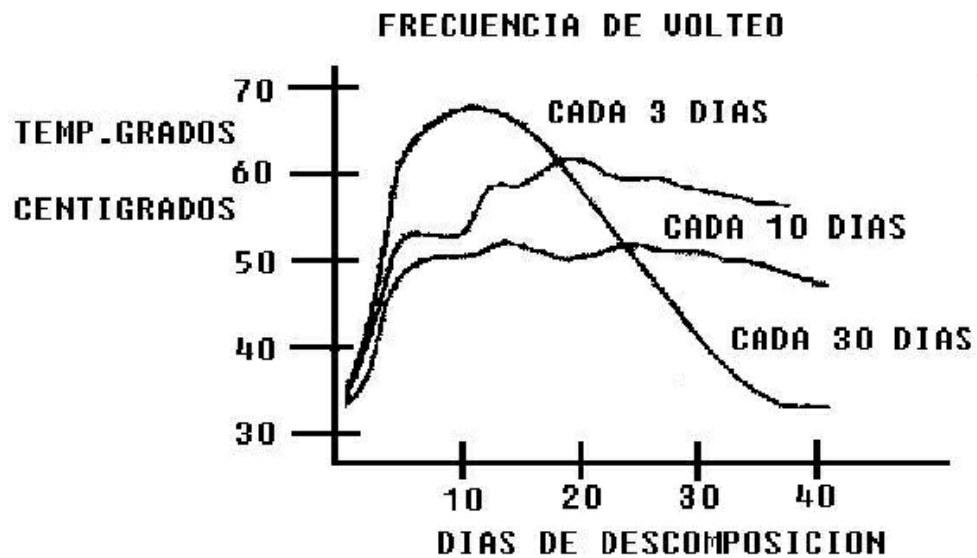


Figura 1. Frecuencia de volteo en una composta y el comportamiento de su temperatura.

* Ing. Pedro Espinosa Z. AGROformuladora Delta, S. A. de C. V.
Tel. (8) 3594611 y 21 Monterrey, N.L.

2.2.2. Humedad.

La actividad del agua es el factor que mejor describe el estado en que esta se encuentre presente y el grado de dificultad que pueden tener los diversos tipos de microorganismos para utilizarla en su crecimiento.

El contenido de humedad óptimo para la fermentación de basura urbana es de 50 – 60 %, y de 67 % en el caso de que contenga más del 40 % de papel periódico. El composteo de paja de cereal necesita una humedad mayor del 70 %, (Monrroy y Viniegra, 1981).

La humedad de la composta debe ser de aproximadamente un 70 % en verano y 55 % en invierno, de manera que nunca llegue a la saturación, pues el proceso se detiene y aparecen solamente bacterias anaerobias, que hacen más lenta la descomposición (fermentación) de los materiales, (González et al, 1985).

Con excesiva humedad, la proliferación microbiana se detiene, encontrándose la máxima densidad bacteriana en regiones de alto contenido de humedad; el nivel óptimo para la actividad de las bacterias aeróbicas es frecuentemente del 50 a 75 %.

La respiración que la microflora del suelo realiza a expensas de nutrimento orgánicos simples o complejos, es generalmente mayor en un rango entre 60 y 80 % de la capacidad de retención del agua en el suelo, (Alexander, 1980).

Cuando el contenido de humedad excede de un 55 y 60 %, se necesitan rellenar con algún otro material para mantener una buena aireación, (Goldstein, 1997).

El contenido de humedad de la composta afecta significativamente el potencial de los mesófilos bacteriales para colonizar el substrato después de alcanzar el punto máximo de calor. Las compostas con bajo porcentaje de humedad (< 34 %) son colonizadas por hongos y son conductores de enfermedades producidas por *Phythium*. El contenido de humedad debe ser suficientemente alto (40 a 50 %), para que las bacterias y hongos colonicen el substrato, después de alcanzar el punto máximo de calor, (Hoitink et al, 1991).

- El contenido de humedad va estrechamente ligado a la frecuencia de volteo del material composteados.
- Su exceso (100%) tiene que ver con la presencia de malos olores, debido a que se obliteran los poros llevando a una anaerobiosis.
- La falta de humedad (entre el 45 % y el 50 %) influye en la disminución de la temperatura y de un rezago en la realización del proceso, la cantidad de agua considerada como óptima se encuentra en un rango del 50 al 60 % (Montoya, 1997).

El contenido incorrecto de humedad, hace el proceso de composteo muy lento, especialmente en la primera etapa de operación. La humedad adecuada optimiza el nivel de la descomposición, depende de los materiales a compostear, un rango óptimo es de 50 a 60 por ciento y por debajo del 45 por ciento empieza a ser un factor limitante del buen desarrollo del proceso, (Ramos, 1996).

2.3. Microorganismos de los sustratos en relación con la temperatura y la humedad.

El compostaje es la descomposición o degradación de los materiales de desechos orgánicos por una población mixta de microorganismos en un ambiente cálido, húmedo y aireado. Los desechos se amontonan juntos en una pila, de manera que el calor generado en el proceso puede ser conservado. Como resultado sube la temperatura de la pila, acelerando por tanto el proceso básico de degradación natural, que normalmente ocurre con lentitud en desechos orgánicos que caen sobre la superficie, (Dalzell et al., 1991).

Espinosa* (comunicación personal) describe a las bacterias como microorganismos vivos, benéficos, no contaminantes, biológica y ecológicamente saludables para el medio ambiente, que se multiplican rápidamente y trabajan en equipo para digerir y descomponer la materia prima en humus.

Durante ese proceso se libera energía calorífica, y por ello se calientan los montones de composta. Al descomponerse la materia orgánica, se producen varias sustancias, entre otras CO₂ y H₂O. En la medida que se va consumiendo la energía disponible, disminuyen la actividad microbiana y la población de microorganismos; el montón de composta se enfría, (Jeavons, 1991).

* Ing. Pedro Espinosa Z. AGROformuladora Delta, S. A. de C. V. Tel. (8) 3594611 y 21 Monterrey, N.L.

Según Canovas et al (1993), atendiendo a la evolución de la temperatura, el proceso del como intervienen los microorganismos puede dividirse en cuatro períodos:

Mesofílico (a). La masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos que contiene se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica, la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

Termofílico (b). Alcanza ya la temperatura de 40° C, continúan los microorganismos termófilos con la labor. Si existe nitrógeno en exceso, éste se libera en forma de amoníaco y el pH se hace alcalino. A 60 °C los hongos termófilos mueren y la reacción es continuada por bacterias esporígenas y actinomicetos. A temperaturas por encima de los 60 °C, las fracciones de celulosa y lignina casi no se modifican, pero sí son atacadas las ceras, proteínas y hemicelulosas. Conforme el material fácilmente degradable va siendo utilizado, la velocidad de reacción disminuye, y eventualmente la velocidad de generación de calor es menor que la velocidad de pérdida, a partir de la superficie del montón y la masa empieza a enfriarse.

De enfriamiento (c). Cuando la temperatura vuelve a ser menor de 60 °C, los hongos termófilos de las partes externas más frías, pueden reinvasar el centro y atacar a la celulosa. Al bajar de 40 °C, los mesófilos pueden volver a empezar su actividad y el pH baja ligeramente, si bien permaneciendo en la zona alcalina.

De maduración (d). Si los períodos a), b) y c) tienen lugar rápidamente (días o semanas), esta por el contrario, requiere de un mes a temperatura ambiente.

Habrán reacciones secundarias de condensación y polimerización que dan lugar al producto final, el humus.

Alexander (1980), menciona que intervienen microorganismos mesófilos y termófilos, únicamente.

Mesófilos. La temperatura óptima para su desarrollo oscila de los 25 a los 30 °C y una capacidad de crecimiento entre 15 y 45 °C. Ciertas especies se desarrollan mejor a temperaturas menores a 20 °C, denominándose psicrófilos. Bacterias psicrófilas verdaderas no son comunes, ya que, inclusive en invierno, éstas son mesofílicas resistentes al frío, más que psicrófilas.

Termófilos. Son bacterias obicuas y organismos que crecen fácilmente a temperaturas de 45 a 60 °C, los termófilos obligados son incapaces de crecer por debajo de los 40 °C. La temperatura determina la velocidad del proceso bioquímico que lleva a cabo la flora bacteriana.

Durante el calentamiento inicial de la composta se encuentran presentes hongos saprobios mesofílicos, que son sustituidos por hongos termofílicos al aumentar la temperatura entre 40 y 60° C. Estos son capaces de degradar la celulosa y hemicelulosas, (Monroy y Viniestra, 1981).

Gracias a los microorganismos, el suelo adquiere una pulsación vital que le permite producir plantas vigorosas. A medida que van creciendo los microbios los nutrientes aumentan en sus propios tejidos corporales, y cuando mueren y se descomponen, los liberan lentamente. (Jeavons, 1991). Las numerosas especies de microorganismos que se alimentan con la materia orgánica, son quienes forman el humus desdoblado y resintetizando diversas sustancias.

Cuando se realiza una composta, algunos de los cambios importantes que ocurren durante su proceso es su temperatura, microorganismos y pH, ya que en su inicio su pH es ácido, y conforme avanza el proceso la temperatura aumenta haciendo que el pH también aumente, ocasionando que la composta se mantenga ligeramente alcalina, (Monrroy y Viniegra, 1981)

En el proceso de degradación de los materiales orgánicos es fundamental la observación durante el tiempo de cómo se va dando el comportamiento de los microorganismos, la temperatura y el pH; de esta manera observamos (figura 2), que cuando la temperatura de la composta está alrededor de los 15 °C (fase mesofílica) el pH tiene un punto de partida de 6.5, al incrementar la temperatura el pH tiende a acidificarse, sin embargo cuando alcanza los 38 °C dentro de la misma fase, el pH se incrementa gradualmente. Cuando la temperatura alcanza los 68 °C, en su fase termofílica existe un incremento del pH a 8.2 tendiendo posteriormente a disminuir (pH) cuando se presenta la fase de enfriamiento, hasta alcanzar un pH de 7.5 manteniéndose en este rango en la 2ª mitad de la fase de enfriamiento y de maduración; cuando la temperatura empieza a descender se inicia la fase de enfriamiento y esta termina a los 18 °C, en este momento entra la fase de maduración hasta que la temperatura se mantiene constante en los 13 °C por un periodo de 60 a 90 días.

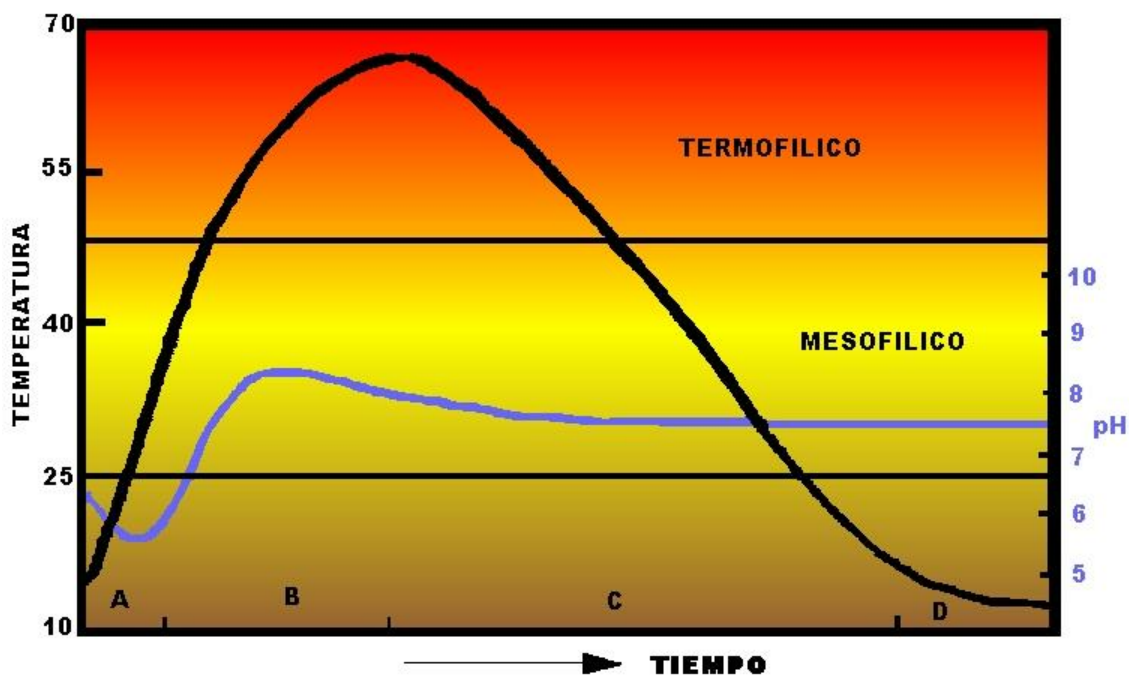


Figura 2. Comportamiento de los microorganismos en la descomposición de los materiales orgánicos, considerando temperatura, pH y tiempo.

A, B, C, y D indican fases de actividad microbiana. A es Fase mesofílica; B corresponde a la fase termofílica; C es la fase de enfriamiento y D corresponde a la fase de maduración.

Bacterias: Se considera a las bacterias entre los organismos más importantes transformadores durante la mayoría de los estados activos del composteo, por su habilidad para desarrollarse rápidamente y por ser las más tolerantes a altas temperaturas, ellas pueden sobrevivir hasta temperaturas de hasta 77 °C, son aeróbicas y difieren en las pilas en función del material a compostear, del grado de calor, la cantidad de aire, el nivel de humedad y la ubicación geográfica de la pila.

Actinomicetos: La importancia en el proceso de composteo, estriba en que son formadores del humus de la materia orgánica. Tienden a ser comunes en el estado posterior al composteo (por lo general se encuentran en la capa superior del suelo), son aeróbicos y mesofílicos, pero toleran temperaturas hasta los 50 °C y un pequeño grupo hasta los 60 °C, prefieren humedad y condiciones aeróbicas y un pH neutral ó ligeramente alcalino.

Hongos: Los hongos son excluidos del composteo durante la primera etapa (temperaturas altas), y se recuperan más tarde cuando la temperatura de la pila es moderada (estado final). La temperatura óptima para la actividad de los hongos en la pila de composta, oscila entre los 21 y los 24 °C, aunque algunos son termofílicos y sobreviven temperaturas de 49 °C, (Ramos, 1996).

Aranda (1992), menciona los resultados de caracterización microbiológica de deyecciones de lombríz. Cabe mencionar que no describe el substrato que dio origen a tales deyecciones.

Cuadro 1. Microflora total de deyecciones de lombríz, (Aranda,1992).

Microflora total	Células/gramos
Bacterias	1.10×10^8
Hongos	31×10^8
Actinomicetos	107×10^8

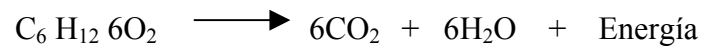
FAO (1991), publica una lista de los principales organismos implicados en el compostaje. En el siguiente cuadro se describe la microflora, parte de esos organismos.

Cuadro 2. Microflora en la producción de compostas, (FAO, 1991).

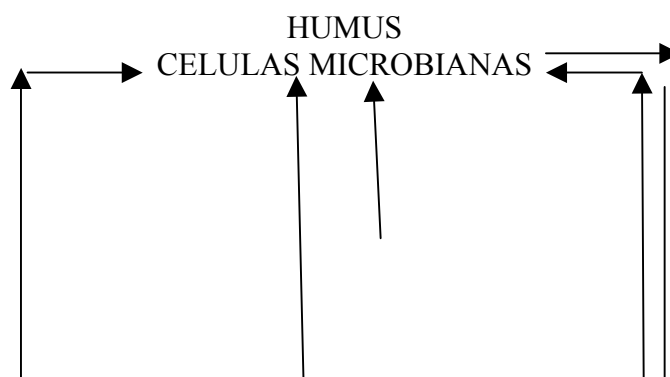
Microflora	Número/gramo composta húmeda
Bacterias	$10^8 - 10^9$
Actinomicetos	$10^5 - 10^8$
Hongos, Mohos, Levaduras	$10^4 - 10^6$

2.4. Algunas reacciones químicas que se presentan con el incremento de la temperatura

La respiración es la actividad fisiológica donde la célula oxida sustancias, con la siguiente liberación de energía, que se utiliza para diversos trabajos metabólicos, según el tipo de organismo; por lo general el substrato oxidado es la glucosa:



Dentro del proceso de la respiración, un factor muy importante es la temperatura, que son reacciones termoquímicas que alcanzan los 55 °C como máximo, pero el rango óptimo es de 40 a 45 °C, (Rojas, 1993).



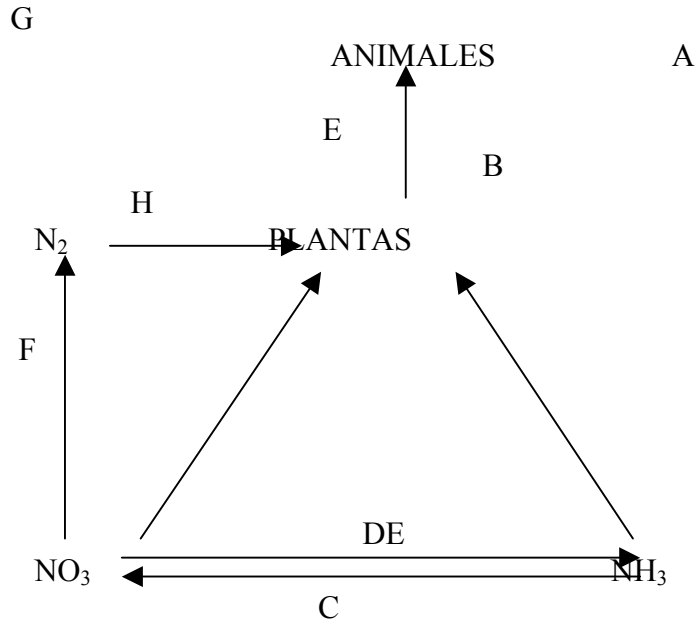


Figura 3. Ciclo del Nitrógeno

A = Amonificación

B = Mineralización

C = Nitrificación

D = Reducción de Nitrato

E = Inmovilización

F = Desnitrificación

G = Fijación de Nitrógeno, no Simbiótica

H = Fijación de Nitrógeno, Simbiótica

2.4.1. Nitrificación

El rango de temperatura en que se presenta la nitrificación: 2 a 40 °C. Las temperaturas óptimas: 30 y 35 °C; altos contenidos de humedad reducen el oxígeno y favorecen a los reductores de nitratos; así mismo, el nitrato no es producido bajo condiciones de humedad baja, (Quastel, 1963)

INPOFOS (1997), menciona que la nitrificación empieza lentamente justo a temperaturas sobre el punto de congelamiento, y continúa incrementándose a medida que se incrementa la temperatura hasta alcanzar los 30 °C, y ésta se ve reducida a temperaturas mayores de los 35 °C.

Las bacterias nitrificantes se mantienen activas aun en condiciones muy secas (20 a 30 %), pero pasan a ser inactivas cuando las condiciones húmedas alcanzan el ciento por ciento, Cuando las compostas mantienen un porcentaje de humedad adecuado, la nitrificación será normal.

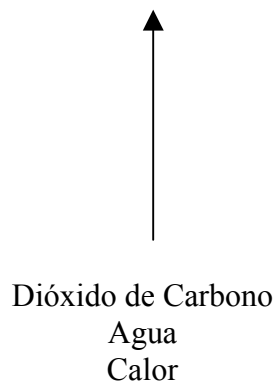
2.4.2. Desnitrificación.

La temperatura óptima oscila entre los 60 y 65 °C; las proporciones relativas de liberación de N_2O y N_2 varían también con la temperatura. El óxido nitroso es predominante a temperaturas bajas y la del Nitrógeno es a altas temperaturas, (Clark, 1965); mientras que el aumento de humedad conlleva generalmente un aumento en la tasa de desnitrificación.

INPOFOS (1997), confirma que las compostas con altos contenidos de humedad son pobres en oxígeno para el uso de las bacterias nitrificantes. El desplazamiento del

oxígeno promueve el proceso de desnitrificación. Esto reduce drásticamente la disponibilidad de nitrógeno.

Durante el proceso de descomposición de la materia orgánica se libera energía calorífica, y por ello se calientan los montones de compostas. Al descomponerse la materia orgánica se producen varias sustancias, entre otras el CO_2 y H_2O . En la medida que se va consumiendo la energía disponible disminuye la actividad microbiana y la población de microorganismos; el montón de composta se enfría. Buena parte de la materia orgánica restante se encuentra en forma de compuestos de humus. Al formarse el humus, incorpora en su estructura el nitrógeno, lo que estabiliza este nutrimento en el suelo ya que los compuestos del humus no se degradan fácilmente; poco a poco los microorganismos del suelo transforman a estos compuestos, pero el nitrógeno y otros nutrimentos quedan protegidos y no pueden disolverse o dispersarse rápidamente, (Jeavons, 1991). (Figura 4)



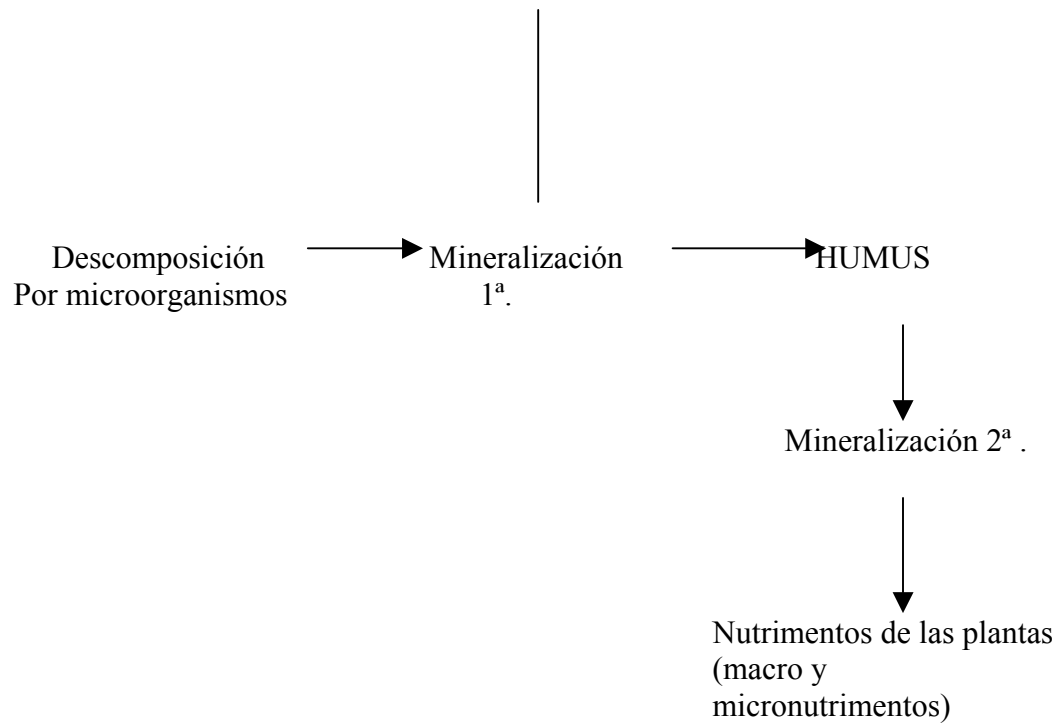


Figura 4. “Descomposición de la materia orgánica”.

2.5. Límites de temperatura y humedad para la disponibilidad de los nutrientes.

La desnitrificación es afectada por la temperatura, el óptimo para la reacción es de 25° C y aun más; la transformación es rápida a temperaturas elevadas y se realizará entre 60 y 65 °C, pero no a 70 °C, (Alexander, 1980).

El mismo autor menciona que la liberación de fósforo también se ve favorecido por temperaturas elevadas, siendo el rango termofílico más que el mesofílico (45 – 65 °C).

Las altas temperaturas estimulan la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo, las temperaturas muy altas y muy bajas limitan la disponibilidad del fósforo de los materiales orgánicos.

Al incrementar el contenido de humedad de las compostas a niveles óptimos (55 a 60 %), hace que el fósforo sea más disponible para las plantas. Sin embargo, el exceso de humedad reduce la disponibilidad del mismo, (INPOFOS, 1997).

Una vez terminada la primera etapa, o sea cuando la temperatura disminuye y tiende a estabilizarse, comienza otro proceso llamado de maduración. Durante esta etapa el abono se va asemejando al humus, gracias a la acción de otros organismos – bacterias, lombrices, etc. – y van en aumento las cualidades químicas. Es ahora cuando los nutrientes contenidos en la materia orgánica comienzan a mineralizarse, es decir que son biológicamente transformados a la forma en que las plantas los puedan asimilar, (Schnitman y Pipo, 1992).

La mineralización afecta principalmente al nitrógeno, fósforo y azufre. Es importante tener en cuenta que la liberación de nutrientes se produce por la actividad de microorganismos existentes, razón por la cual esta liberación no tendrá lugar si la actividad de dichos microorganismos es limitada por ser elevada la relación carbono/nitrógeno, por la acidez y por su escasa aireación, (Simpson, 1986).

La liberación de nitrógeno, sólo ocurre mediante una relación estrecha carbono/nitrógeno (C/N) de los materiales usados en la elaboración de la composta. En términos generales, puede decirse que si la relación carbono/nitrógeno es mayor de 30, no hay liberación inmediata de nitrógeno aprovechable, existe más bien una fijación de las formas nítricas y amoniacales; cuando dicha relación se ubica entre 20 y 30, se establece un equilibrio entre la fijación y la disponibilidad y cuando esta es menor de 20, habrá liberación del nitrógeno y por lo tanto disponibilidad para las plantas, (Monrroy y Viniegra, 1981).

La mineralización del fósforo orgánico se ha estudiado generalmente bajo condiciones de laboratorio en experimentos de incubación. Este proceso ha encontrado óptimo a pH (s) bajos o neutros (5.5 a 7.0); a una temperatura de 45 °C y en condiciones intermedias de humedad. En condiciones de humedad cambiante (sequedad o humedad) favorece la mineralización bajo estas condiciones, estudios han reportado dosis de mineralización de hasta 1 kg./ha/día, (Ignatieff y Page, 1959).

Durante la descomposición de la materia orgánica, los nutrimentos quedan gradualmente en libertad y cambian a formas aprovechables por las plantas. A medida que la materia orgánica se descompone, se producen cantidades considerables de bióxido de carbono, cuando se disuelve en el agua del suelo, junto con los ácidos, ayudando a transformar en solubles los minerales que contienen los nutrimentos de las plantas, (Ignatieff y Page, 1959)

La liberación del Nitrógeno aprovechable por las plantas, durante el proceso de descomposición de los materiales orgánicos, ocurre mediante una relación estrecha de Carbono – Nitrógeno (C/N) del material utilizado. En términos generales cuando es mayor de 30, no hay una liberación inmediata de Nitrógeno aprovechable sino más bien una inmovilización de las formas nítricas y amoniacales. Por el contrario, si dicha relación es menor de 20 la mineralización del Nitrógeno es mayor, quedando disponibles para las plantas (Tisdale y Nelson, 1982).

La mineralización del Fósforo depende, en cierta forma, de la relación C/P del material orgánico. Si esta relación es igual o menor de 200, ocurre una mineralización de Fósforo orgánico durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. Mientras que la relación sea igual o mayor de 300, ocurrirá una inmovilización del Fósforo, (Tisdale y Nelson, 1982).

La descomposición anaeróbica de desechos orgánicos, es mucho más eficiente en la conservación de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y Calcio contenidos en el material crudo, es así que el lodo

residual obtenido después de la digestión, es una pasta de gran valor fertilizante de los elementos antes mencionados, (Verastegui y Mateo, 1979).

El proceso de compostaje depende de la acción de los microorganismos que requieren una fuente de Carbono, que les proporcione energía y material para nuevas células.

El Nitrógeno es el nutrimento más importante, y en general, si hay, suficiente Nitrógeno disponible en la materia orgánica original, la mayoría de los otros nutrimentos estarán también disponibles en cantidades adecuadas.

Para maximizar el contenido de nutrimentos de la composta, es importante reducir el lavado o la lixiviación de la pila, mediante su protección contra las lluvias fuertes y encharcamiento, (FAO, 1986).

2.6. El color y el olor como indicadores en el proceso de compostaje.

La mineralización mucho más lenta de las reservas de materia orgánica más resistente a la descomposición, varía en cada época del año. Es máxima en los veranos húmedos y calurosos, (Simpson, 1986).

La composta está lista para usarse cuando su color es oscuro y resulta imposible distinguir la naturaleza de los diversos residuos incorporados. El olor de la composta madura es agradable como el agua del manantial, (Jeavons, 1991).

Los colores originales de los materiales orgánicos se oscurecen gradualmente durante el proceso de compostaje, (Pérez et al., 1996)

Pérez et al., (1996), mencionan que los olores son desagradables durante el composteo de basuras urbanas en los primeros dos meses de haber iniciado el proceso. Una característica importante de una composta madura, es la ausencia de olores desagradables.

Conforme la madurez de la composta avanza, la mancha oscura se hace más intensa alrededor del centro, mientras que en los bordes se observa un poco más claro. El material crudo deja una impresión que se caracteriza por una periferia oscura, (SARH, 1982).

La degradación de la materia orgánica durará aproximadamente de 60 a 70 días, obteniendo un producto final llamado composta de color café oscuro, la cual no presenta olores desagradables, utilizado como un mejorador del suelo, (Olguín et al., 1994).

García (1996), menciona que las compostas, resultado de las excretas, producto de la digestión de las lombrices, es inodora, de estructura granulosa, de coloración oscura casi negra y con apariencia de uniformidad, ligereza y porosidad, que son características de los suelos ricos en materia orgánica. Parte de las bondades de éste proceso, es también el da la conversión de nitrógeno y fósforo orgánico a formas asimilables para las plantas, la estimulación a la descomposición microbiana y al incremento de las bacterias fijadoras de nitrógeno

La composta razonablemente madura, es un material migajoso marrón-negro. Es difícil conocer algunos restos de aspecto pajizo o de tallos, pues los demás no pueden ser distinguidos los residuos originales; presentan un olor agradable a tierra, (Dalzell et al., 1991).

2.7. Algunos materiales orgánicos, tiempo de degradación y su variación de temperatura y humedad.

Gran parte de los materiales orgánicos provienen de varias industrias, como la cafetalera, empacadoras, cacaoteras, etc, y estos desperdicios son utilizados para la elaboración de las compostas, aunque también se han utilizado los residuos urbanos y de ingenios azucareros.

Bagazo de caña de azúcar, es un desperdicio de la industria azucarera, su contenido de materia orgánica es de 95 por ciento cuando se somete a un proceso de composteo. Por lo regular durante el proceso se debe mantener a un 60 o 70 por ciento de humedad y este alcanza una temperatura de 65 a 70 °C, en un tiempo aproximado de 7 meses.

Así mismo, la pulpa de café, cáscara de cacao, aserrín, desperdicio de cocina, guiche, etc, al ser sometidos a un proceso de composteo, requieren de un 60 por ciento de humedad, alcanzando así una temperatura similar a la del bagazo de caña en un período aproximado de 7 meses, dependiendo la estación del año y ubicación geográfica en que sean sometidos, (Coronel, 1996; Ibarra, 1997; Morales, 1997; Téllez, 1997).

Petters* (comunicación personal), comenta que cuando se realizan compostas con pulpa de café, en zonas donde las precipitaciones oscilan entre los 2500 a 3000 mm anuales, el período del proceso de descomposición se prolonga más de lo normal (90 días), manteniendo temperaturas de los 55 a 65 °C y contenidos de humedad del 60 a 70 por ciento. También hace mención que cuando este proceso se lleva a cabo en los

períodos de baja precipitación (diciembre a marzo) el proceso de compostaje se acelera, obteniendo el producto en menos de los 90 días.

Espinosa (experiencia personal), argumenta que el proceso de compostaje del estiércol de bovino en la zona de Navidad N. L., cuando la temperatura media ambiente oscila entre los 25 a 30° C, el proceso de descomposición dura los 90 días como máximos para obtener el producto, alcanzando temperaturas de hasta los 60° C, con un 50 a 60 por ciento de humedad. También menciona que en la época de invierno el proceso de descomposición se prolonga hasta los 140 y 150 días, manteniéndose el mismo rango de temperatura y humedad que en épocas diferentes; menciona también que constantemente existe una aireación a los montones de estiércol.

* Petters. Productor de café en Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas. México.
Finca Irlanda.

3. CONCLUSIONES

A partir de la revisión bibliográfica se destaca las siguientes conclusiones:

En la actualidad se producen anualmente cantidades enormes de materia orgánica, como resultado del proceso de la fotosíntesis, materia orgánica que acabará en el suelo en forma de humus (proceso de humificación natural lento); sin embargo, éste puede ser acelerado acumulando la materia orgánica y promoviendo en ella el proceso denominado “ composteo “, que consiste en la humificación artificial y acelerada de la materia orgánica, por una población microbiana en condiciones controladas de humedad, temperatura y aireación.

La temperatura y humedad son propiedades físicas de gran importancia, que se deben tomar en cuenta en el proceso de descomposición aeróbica de los materiales orgánicos, ya que de estos dos factores depende la calidad del producto final (composta), la cantidad de microorganismos encargados de desintegrar las partículas de los materiales y cantidad de nutrientes disponibles para el máximo aprovechamiento por las plantas.

En la elaboración de una composta, todos los componentes deben ser reducidos de su tamaño original a unos 10 cm, para evitar que existan espacios libres; por eso la importancia del picado. A así también, debe existir un control de temperatura y de humedad hasta obtener un abono completo llamado “ humus “, el cual va a mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos.

La temperatura es un factor importante en el medio ambiente, ya que determina la rapidez con la que los materiales son metabolizados.

El contenido de humedad en el medio ambiente ejerce un marcado efecto sobre la vegetación, pues modifica el gradiente bajo el cual se difunde el vapor de agua.

Una vez finalizada la elaboración de la composta, se inicia un proceso de fermentación, el incremento de temperatura es gradual: en los primeros tres días alcanza los 40 °C, a continuación incrementándose hasta alcanzar los 75 °C manteniéndose por un período para posteriormente disminuir gradualmente hasta mantenerse a temperatura ambiente.

Monrroy y Viniegra (1981), mencionan que el contenido de humedad varía dependiendo de los materiales utilizados en la elaboración de la composta, para el caso de la basura urbana es de un 50 a 60 por ciento y del 67 al 70 por ciento en caso de que contenga un 40 por ciento de papel periódico. Mientras que Alexander (1980), reporta que el nivel óptimo de humedad, para que la actividad microbiana desintegre los materiales, oscila entre el 50 y 75 por ciento.

La población microbiana es responsable de la degradación biológica de la materia orgánica lo que en modo global, puede resultar desfavorable, ya que los microorganismos consumen nutrientes (oxígeno y nitrógeno), además de liberar sustancias fitotóxicas y alterar las propiedades físicas. La velocidad de descomposición está determinada por la disposición de compuestos biodegradables (carbohidratos, ácidos grasos y proteínas); disposición que puede reducirse mediante el compostaje y mantenimiento de suficientes niveles de nitrógeno asimilable.

La respiración biológica, es un factor muy importante dentro del proceso de descomposición de los materiales orgánicos, pues es una reacción termoquímica que alcanza los 55 °C como máximo, pero el rango óptimo oscila entre los 40 y 45 °C.

La nitrificación comienza a presentarse a temperaturas que oscilan entre los 5 y 40 °C; siendo la óptima de 30 a 35 °C. Mientras que la desnitrificación se presenta a temperaturas superiores a los 60 °C.

La liberación de fósforo se ve favorecida a temperaturas elevadas, siendo el rango termofílico óptimo de 45 a 60 °C.

Cuando la temperatura disminuye se inicia un proceso de maduración, que gracias a otros organismos, los nutrientes contenidos en la materia orgánica comienzan a mineralizarse, es decir, son biológicamente transformados a formas en que las plantas pueden asimilarlos.

Es importante tomar en cuenta la relación carbono/nitrógeno (C/N) y carbono/fósforo (C/P), ya que existe una mayor mineralización de nitrógeno cuando la relación es menor de 20; mientras que para el caso del fósforo la relación debe ser menor o igual a 200, para que exista mineralización durante el proceso de descomposición de la materia orgánica.

Es importante que el nitrógeno exista en abundancia en los componentes de la materia orgánica utilizada, los cuales la mayoría de los nutrientes estarán disponibles en cantidades adecuadas.

Una composta se determina que se encuentra lista, cuando su color es oscuro y resulta imposible distinguir los materiales usados. Mientras el olor debe ser agradable como el de un suelo húmedo.

Respecto al tiempo que duran los materiales en el proceso de descomposición, varía según el origen de cada uno de ellos. La materia orgánica que su proceso dura más tiempo son las grasas, huesos, en los componentes de origen animal; mientras los de origen vegetal las gramíneas, los trozos de maderas

que contienen grandes cantidades de renzinas, duran más que todos aquellos materiales, como los residuos de cocina, frutas, coles y todos los vegetales que son utilizados en verde.

3.1. Observaciones obtenidas en una composta realizada en terrenos de la UAAAN de abril a junio de 1998.

El objeto de prepara compostas utilizando productos orgánicos es de corroborar la temperatura y el porcentaje de humedad que necesita para el proceso de descomposición, analizando los resultados obtenidos por el tesista y los datos de las citas mencionadas.

La elaboración de las compotas se realizó el 03 de abril de 1998; a los dos días de su elaboración se observó un incremento de temperatura hasta los 76° C, permitiendo realizar una ventilación, con el objetivo de disminuir la temperatura; obteniendo excelentes resultados (68° C), alcanzando gradualmente un acenso de 72° C; manteniéndose por un período de 3 días, iniciando un descenso gradual hasta los 52° C.

Durante las observaciones que se realizaron en la composta, es notorio un ligero incremento de temperatura al tercer día de su elaboración, alcanzando los 76° C, cuando se alcanzan esta temperatura fue necesario llevar acabo un adecuado manejo para disminuir la temperatura evitando que exista un incendio interno en la composta, se realizaron perforaciones en la parte superior de la composta, promoviendo así una ventilación interna.

Cuando se obtienen las muestra para determinar el porcentaje de humedad, en ocasiones se observaba que la humedad se presenta en los primeros 30 cm, y en la parte inferior permanecía seco completamente. Esto se debe a que los materiales se

encontraban compactados entre si, siendo esta la principal causa de una humedad heterogénea en la composta.

El primer movimiento de los materiales se llevo a cabo a los 21 días de su elaboración de la composta (voltarlos), detectando que los materiales se encuentran en un grado de descomposición normal, alcanzándose a distinguir los componentes en un 75 % de los materiales. La composta se formó con residuos vegetales, estiércol y hojarasca (en forma separada).

Veinticuatro horas después de haber removido la composta, se incrementa la temperatura hasta alcanzar los 71.12° C, este cambio se debe a que los microorganismos incrementan su actividad en el proceso de descomposición de los materiales.

La humedad que presenta la composta es heterogénea, esto se debe a que los materiales se compactaron impidiendo el paso de la humedad hacia la parte inferior de la composta. El porcentaje de humedad a la cual se mantuvo la composta durante el proceso, fue constante en un rango entre el 60 y 75 por ciento.

El objeto de preparar compostas utilizando subproductos orgánicos, es el de obtener de ellos elementos de fácil asimilación por las plantas.

El composteo es una forma importante de reciclar elementos como el nitrógeno, el carbono, el fósforo, el potasio, el magnesio, el calcio y los micronutrientes. Se requieren todos estos elementos para mantener los ciclos biológicos que existen en la naturaleza.

LITERATURA CITADA

Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo. AGT Editor, S. A. 2ª Edición. México.

- Aranda, D. E. 1992. El Lombricompostaje como una Innovación Tecnológica para el Aprovechamiento de la Pulpa de Café. INMECAFE. Xalapa, Veracruz, México.
- Beyer, M. D. 1997. Journal of Composting Recycling. Biocycle. Preparing a Substrate For Growing Mushrooms. U.S.A.
- Buckman, H. O. 1977. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Montaner y Simon, S. A. 1ra. Edición. Barcelona, España.
- Canovas, F. A.; M. Hilgers.; M. Jiménez.; V. Mendizábal y G. Sánchez. 1993. Tratado de Agricultura Ecológica. Cuadernos Monográficos. Departamento de Ecología y Medio Ambiente. Instituto de Estudios Almerienses de la Diputación de Almería. España.
- Cárdenas, B. A. 1986. Aplicación de Diferentes Dosis de Estiércol (Bovino y Gallinaza) para Reducir la Fijación de Fósforo en la Región de Derramadero. Tesis de Maestría en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Castellanos, D. H. C. 1996. Evaluación de la Composta (Abono Orgánico) y otros Sustratos, sobre la Producción de Girasol Ornamental *Helianthus annuus* L. Var Sunbright Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Clark, F. E. 1965. Dinitrificación. Soil Nitrogen American Society of Agronomy. Inc U.S.A.
- Coronel, A. J. R. 1996. Elaboración de Compostas de Residuos Agrícolas y Evaluación de la Calidad sobre el Rendimiento del Cultivo del Cilantro (*Coriandrum sativum* L.) Bajo Condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Dalzell, H. W.; A. J. Biddlestone. ; K. R. Gray y K. Thurairajan. 1991. Manejo de Suelo, Producción y Uso de Composta en Ambientes Tropicales y Subtropicales. Boletín de Suelos de la FAO No. 56. Servicios de Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas. FAO. Roma, Italia.

FAO. 1986. Manejo del Suelo y Uso del Composteo en Ambientes Tropicales y Subtropicales, Servicio y Recursos, Manejo y Conservación de Suelos. Folleto de Suelos No. 56. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas.

García, M. A. B. 1996. Algunos Substratos Orgánicos; sus Mezclas Caracterización y Procedimientos. Tesis de Licenciatura en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Goldstein, J. 1997. Journal of Composting Recycling Biocycle. Monitoring Compost Process and Quality. U.S.A.

González, A.; R. Sánchez y E. San Martín. 1985. Fundamentos en la Agroecología Mexicana (la Agroecología como Alternativa para el Desarrollo Rural Sostenible). México.

Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1987. Propagación de Plantas, Principios y Práctica. Editorial C. E. C. S. A. México.

Haug, R. T. 1997. Journal of Composting Recycling Biocycle. Feedstocks, Conditioning and Fire Prevention. U.S.A.

Hoitink, H. A.; Y. Inbar y M. J. Boehm. 1991. Status of Composted – Amended Potting Mixes Naturally Suppressive to Soilborne Diseases of Floricultural. U.S.A.

Hoitink, H. A.; A. G. Stone y D. Y. Han. 1993. Supresión de Enfermedades Mediante el Uso de Composta. USA <http://www.catie.ac.cr/~cicmip/rev43/hoitink.htm>

Ibarra, P. L. A. 1997. Efecto de Tres Substratos Orgánicos y una Solución Nutritiva en la Producción de Plantulas de Tomate (*Lycopersicum esculatum* W.). Tesis de Maestría en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Ignatieff, V. y H. Page. 1959. El Uso Eficaz de los Fertilizantes. I. D. O. Estudios Agropecuarios No. 43. México

INPOFOS. 1997. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Manual Internacional de Fertilidad del Suelo. Querétaro, México.

Jeavons, J. 1991. Cultivo Biointensivo de Alimentos. Más Alimento en Menos. Espacio. Ecology Action of the Mid-Península. Editor en Español. U. S.A.

Lira, S. R. 1994. Fisiología Vegetal. Editorial Trillas. 1ra. Edición. México.

Monroy, H. O. y G. Viniegra. 1981. Biotecnología para el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos. AGT Editor, S. A. México.

Montoya, J. 1997. Elaboración de Compostas. UNAM. <http://132.248.107.66/composta.html>

Morales, E. M. 1997. El pH y los Materiales Orgánicos. Monografía Licenciatura en Suelos. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Narro, F. E. A. 1994. Física de Suelos con Enfoque Agrícola. Editorial Trillas. 1ra. Edición. México.

Olguín, P. E.; Mercado, V. G y Sánchez, G. G. 1994. Manual de Compostaje de Residuos Orgánicos a Escala Domestica. Instituto de Ecología A. C. 1ra. Edición. México.

Pérez, L. M.; A. P. Martínez y B. E. C. García. 1996. Evaluación del Proceso de Composteo de Basura Orgánica Domestica. Instituto Tecnológico de Durango (ITD). Año XIII. UBAMAR No. 38. Durango, México.

Quastel, J. H. 1963 Microbiol Activities of Soil and Plant Nutrition. U.S.A.

Ramos, Z. J. M. 1996. Evaluación Química y Económica del Abono Producido por Vía Microbiana y Lombrices de Tierra. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Tapachula (ITT). Tapachula de Córdoba y Ordoñez, Chiapas, México.

Rodale, J. I. 1946. Abonos Orgánicos. Editorial Tres EMES. Argentina.

Rojas, G. M. 1993. Fisiología Vegetal Aplicada. Editorial Interamericana McGraw-hill. 4. Edición. México.

SARH. 1982. La Materia Orgánica del Suelo. Publicación Especial # 5. CAE COSTA de Jalisco. México.

Schintman, G. y L. Pipo. 1992. Eco – Agro, Agricultura Orgánica. Editorial Planeta. Argentina.

Simpson, K. 1986. Abonos y Estiércoles. Editorial ACRIBIA, S. A. España.

Simpson, K. 1991. Abonos y Estiércoles. Editorial ACRIBIA, S. A. España.

Téllez, M. V. 1997 Investigación Adaptativa-Participativa del Composteo y Vermicomposteo por los Chamulas. Tesis Maestría en Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial Hispano Americana. 1ª . Edición en Español. México.

Tisdale, S. L. y Nelson, W. L. 1987. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Editorial Hispano – Americana. 2ª. Edición. En Español. México.

Verastegui, I. y B. M. Mateo. 1979. Producción de Biogas a Partir de Desechos Orgánicos. Parte I. Planta Piloto de Biogas a Escala Familiar. ITINTEC, Lima Perú.

5. APENDICE

Cuadro 1A. Factores ambientales que se deben tomar en cuenta para el manejo adecuado de un sistema de composteo doméstico. (Téllez, 1997)

Factor	Rangos
Temperatura (°C)	25 a 35; óptima 65. Rango óptimo variable 50 a 60
Humedad (%)	50 a 70 40 a 50. Durante todo el proceso.

Aireación (%)	5 a 15
Relación C/N	15 a 30:1 20:1 20 a 25:1
pH	6 a 8; óptimo 6.5
Tamaño de partículas	1/2", 1", 1 ^{1/2} "

Cuadro 2A. Riqueza media nutrimental de algunos estiércoles. (Castellanos, 1996)

Tipo	Materia seca %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	MgO %
Bovino	33	7	6	8	4
Ovino	35	14	5	12	3
Porcino	25	5	3	5	1.3
Equino	100	17	18	18	-
Gallinaza	28	15	16	9	4.5
Purines	8.	2	0.5	3	0.4

Cuadro 3A. Contenido de algunos elementos esenciales en unas compostas para su aprovechamiento en las plantas. (Coronel, 1996)

Composta	N %	P Total mg/kg	K Total mg/kg.	Ca %	Mg %
Aserrín	0.7	128.9	61.1	14	7.7
Bagazo de Caña	1.0	570.3	94.3	12.2	8.8
Guiche	1.4	31.1	55.5	20.2	5.8
Paja de Trigo	0.8	64.7	18.5	11.8	19.4
Celulosa	0.9	34.2	20.0	13.8	6.8
Residuos de Cocina	0.9	23.9	54.9	12.0	8.8
Lirio Acuático	1.2	195.2	210.9	9.4	10.8

Cuadro 4A. Contenido microbiológico de diferentes sustratos orgánicos. (García, 1996)

Substrato Orgánico	Bacterias Aeróbicas	Actinomicetos	Hongos
B	5000	1200	70
C	5000	2000	80
K	7000	1900	90
P	4000	1800	90
BC	6000	1400	80
BK	5000	1800	70
CK	7000	2000	100
PCK	8000	2000	100
Ppta	6000	1700	40

B = Bagazo de caña de Azúcar (sin compostear).

C = Composta de cáscara de Cacao

K = Deyección de Lombríz en la pulpa del Beneficio Húmedo del Café.

P = Peat moss

BC = Bagazo de caña de Azúcar + Composta de cáscara de Cacao.

BK = Bagazo de caña de Azúcar + Deyección de Lombríz de la pulpa del beneficio húmedo de Café.

CK = Composta de cascara de Cacao + Deyección de Lombríz en la pulpa del beneficio húmedo del Café.

BCK = Bagazo de caña de Azúcar + Composta de cáscara de Cacao + Deyección de lombriz en la pulpa del beneficio húmedo de Café.

Ppta = Peat Moss + Perlita.

Cuadro 5A. Contenido nutrimental de algunos sustratos orgánicos. (García, 1996)

Elementos	B	C	K	P	BC	BK	CK	BCK	Ppta
-----------	---	---	---	---	----	----	----	-----	------

N ₂ Total *	0.204	2.34	3.96	0.91	2.43	3.33	3.55	3.02	.302
N-NO ₃ **	216	1294.2	3458.5	300.5	635.5	2778	2835.1	2671	115.8
N-NH ₄ **	-	83.8	157	159	34.5	123	114	57.3	21.8
P **	470.10	2320.4	3037.2	716.69	2206	1924	2121	2021	182.18
K **	366	1534	837	25	1162	933	741	1148	83
Ca **	449	2204	1655	2152	1750	1721	1921	1829	1174
Mg **	505	1783	964	990	1475	1058	1414	1330	360

* Por ciento. ** mg/kg.

B = Bagazo de caña de Azúcar (sin compostear).

C = Composta de cáscara de Cacao

K = Deyección de Lombríz en la pulpa del Beneficio Húmedo del Café.

P = Peat moss

BC = Bagazo de caña de Azúcar + Composta de cáscara de Cacao.

BK = Bagazo de caña de Azúcar + Deyección de Lombríz en la pulpa del beneficio húmedo de Café.

CK = Composta de cáscara de Cacao + Deyección de Lombríz en la pulpa del beneficio húmedo del Café.

BCK = Bagazo de caña de Azúcar + Composta de cáscara de Cacao + Deyección de lombríz en la pulpa del beneficio húmedo de Café.

Ppta = Peat Moss + Perlita.

Procedimiento para la Elaboración de Compostas.

La composta consiste en la acumulación de basuras, residuos vegetales, estiércol, hojarasca y residuos industriales de origen orgánico, formando pilas o montones en lugares dedicados a este propósito; ya sea directamente sobre el suelo o en plataformas especialmente diseñadas para este fin, o bien, en fosas construidas para contener el material depositado, hasta que esté listo para su uso.

La composta se elabora a partir de la descomposición y recombinación de varias formas de vida animal y vegetal, tales como hojas, pastos, estiércol, madera, etc. Las

formas de vida microscópicas que existen en el suelo (bacterias y Hongos), llevan a cabo este proceso de recombinación, cuyo resultado es el humus.

Para la elaboración de una composta se utilizó una serie de materiales orgánicos, disminuidos de su tamaño original y humedecidos conforme se colocaban por capas.

Paja de avena	(Avena fatua) 60 %
Alfalfa	(Medicago sativa) 20 %
Paja de frijol	(Phaseolus vulgaris) 10 %
Hojas verdes	(Coles, Lechuga, Cilantro y Malezas) 10 %

Se aflojó el suelo donde se construyeron los montones de composta hasta una profundidad de 30 cm, para asegurar un adecuado drenaje. Se colocaron capas de 2 a 3 cm de espesor, primero de vegetación seca, encima de vegetación verde y cubriendo después el montón con una capa de 2 cm de estiércol de bovino. La proporción utilizada fue de un tercio de cada uno de los materiales utilizados, tratando de producir una relación carbono/nitrógeno de aproximadamente 25:1, para obtener una composta de alta calidad.

La vegetación verde fue superior en un 90 % de la vegetación seca porque su alto contenido de nitrógeno ayuda a iniciar y mantener el proceso de fermentación.

Después de poner cada capa, se realizaba un riego ligero para mantener una humedad homogénea, iniciándose así, un proceso de fermentación incrementando la temperatura inmediatamente después de terminada su elaboración.

La elaboración de las compostas se realizó el 03 de abril de 1998; a los dos días de su elaboración se observó un incremento de temperatura hasta los 76° C, permitiendo realizar una ventilación, con el objetivo de disminuir la temperatura; obteniendo excelentes resultados (68° C), alcanzando gradualmente un acenso de 72° C; manteniéndose por un período de 3 días, iniciando un descenso gradual hasta los 52° C.

A los 21 días de su elaboración se volteó con la finalidad de poner en contacto todos los residuos vegetales externos al centro de la composta acelerando así su descomposición; incrementando su temperatura hasta alcanzar los 70° C y nuevamente a descender en forma gradual.

A los 35 días después se realiza un segundo movimiento similar al anterior, incrementando la temperatura máxima de 64° C, volviendo a disminuir en un tiempo de 14 días.

Después de 50 días, se llevó a cabo una tercera aireación incrementándose la temperatura a los 55° C como máxima y disminuyendo hasta estabilizarse a temperatura ambiente, permaneciendo en esas condiciones hasta la maduración adecuada de la composta.

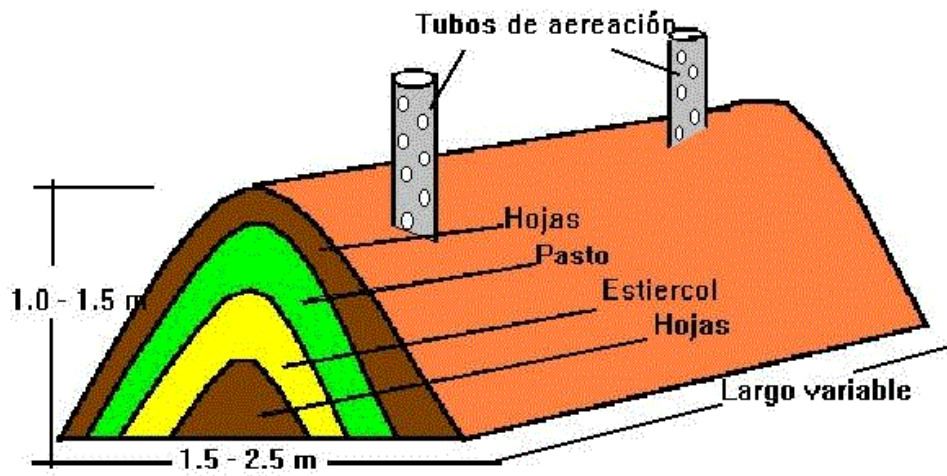


Figura 1A. Esquema de una composta elaborada con materiales orgánicos de origen vegetal con sus medidas recomendables y la introducción de tubos perforados para provocar una mejor aireación interna.