
Gestión ambiental- Residuos sólidos - Guía para el aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables a través del compostaje**1 OBJETO**

La presente guía proporciona las directrices para el aprovechamiento de los residuos orgánicos biodegradables mediante sistemas abiertos conformados por camellones, con remoción o volteo.

2 CAMPO DE APLICACIÓN

La guía se aplica a todos los sectores interesados en el aprovechamiento de los residuos orgánicos biodegradables mediante el compostaje.

3 REFERENCIAS

| | |
|----------|--|
| NB 742 | Residuos sólidos - Terminología sobre residuos sólidos y peligrosos |
| NB 745 | Residuos sólidos - Determinación de humedad |
| NB 747 | Residuos sólidos - Determinación del pH - Método del potenciómetro |
| NB 748 | Residuos sólidos - Determinación de nitrógeno total |
| NB 751 | Residuos sólidos - Determinación de materia orgánica |
| NB 752 | Residuos sólidos - Determinación de relación carbono-nitrógeno |
| NB 69012 | Guía para implementar un sistema de gestión de residuos sólidos - GRS. |
| NB 69015 | Guía para el diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos generados por el sector industrial manufacturero |
| NB 69016 | Guía para realizar el Diagnóstico de Residuos Sólidos en el sector industrial manufacturero |

4 DEFINICIONES**4.1 Residuos orgánicos**

Los residuos orgánicos son todos aquellos que tienen su origen en los seres vivos, animales o vegetales. Incluye una gran diversidad de residuos que se originan naturalmente durante el "ciclo vital", como consecuencia de las funciones fisiológicas de mantenimiento y perpetuación, o son producto de la explotación de los recursos bióticos.

4.2 Biodegradables

Cualidad que tiene la materia orgánica para ser metabolizada por procesos biológicos.

4.3 Compostaje

Proceso biológico aerobio de descomposición y estabilización de la materia orgánica, que bajo condiciones controladas de aireación, humedad y temperatura, permite el desarrollo de bacterias termófilas que permite obtener un producto final estable denominada compost, libre de patógenos y semillas de mala hierba que puede ser aplicado como abono o sustrato.

4.4 Compost

Resultado de la biodegradación aerobia controlada de la materia orgánica biodegradable

4.5 Compostadora

Dispositivo utilizado para obtener compost. También conocido como compostador y compostera en los países de habla hispana.

4.6 Camellones

En compostaje, un camellón es la masa de residuos, de morfología y dimensiones determinadas.

5 SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Existen varios sistemas de compostaje para transformar los residuos orgánicos biodegradables en compost, sin embargo, al momento de seleccionar una de las alternativas debe considerarse que las condiciones de operación (proceso de descomposición), inhiban el crecimiento o proliferación de patógenos, parásitos y elementos germinativos (semillas, esporas).

Es así que, para la elaboración de compost, los sistemas de compostaje se clasifican en sistemas abiertos y sistemas cerrados.

Los sistemas de compostaje **cerrados** son reactores horizontales o verticales, de estructura cilíndrica o rectangular de material resistente como ser metal, plástico, madera, ladrillos, donde se controlan la humedad y la aireación y, se monitorea la temperatura. Los reactores horizontales móviles cuentan con un dispositivo mecánico que mezcla continuamente los residuos, logrando un proceso más homogéneo.

Los sistemas de compostaje **abiertos** son conformaciones de camellones del tipo estático, con remoción o volteo, o con aireación forzosa.

6 CARACTERÍSTICAS DE LOS RESIDUOS BIODEGRADABLES PARA COMPOST

Las características de los residuos biodegradables influyen en el proceso de descomposición y en las características del producto (compost). Por ello, es necesario que los residuos cumplan con los siguientes parámetros:

- relación carbono/nitrógeno (C/N);
- tamaño de los residuos;
- humedad;
- pH;
- población bacteriana;

6.1 Relación carbono-nitrógeno

La relación C/N expresa las unidades de carbono por unidad de nitrógeno de un residuo biodegradable fresco.

En compostaje, la relación C/N óptima oscila entre 20:1 y 30:1. Relaciones por encima de 30:1 indica una mayor concentración de carbono lo que incrementará el tiempo de descomposición, y relaciones C/N por debajo de 20:1 derivará en la generación de gases amoniacales, por el exceso de nitrógeno.

Cuando el residuo no presenta una relación C/N dentro del rango mencionado, es necesario realizar un balance de nutrientes, mezclando distintos residuos orgánicos para compensar la deficiencia de carbono o nitrógeno, según sea el caso.

Para realizar el balance de nutrientes aplicar la siguiente fórmula matemática:

$$R = \frac{Q_1(C_1 \times (100 - H_1)) + Q_2(C_2 \times (100 - H_2)) + Q_3(C_3 \times (100 - H_3)) + \dots}{Q_1(N_1 \times (100 - H_1)) + Q_2(N_2 \times (100 - H_2)) + Q_3(N_3 \times (100 - H_3)) + \dots}$$

donde:

R: Relación de C/N de la mezcla a compostar

Qn: Masa del material n

Nn: Porcentaje de nitrógeno del material n

Cn: Porcentaje de carbono del material n

Hn: Porcentaje de humedad del material n

La ecuación general para una mezcla de dos materiales se simplifica en:

$$Q_2 = \frac{Q_1 \times N_1 \times \left(R - \frac{C_1}{N_1} \right) \times (100 - H_1)}{N_2 \times \left(\frac{C_2}{N_2} - R \right) \times (100 - H_2)}$$

donde:

Q1: Masa de residuos orgánicos (verdes)

Q2: Masa de residuos secos (café)

N1: Porcentaje de nitrógeno de los residuos orgánicos (verdes)

N2: Porcentaje de nitrógeno de los residuos secos (café)

C1: Porcentaje de carbono de los residuos orgánicos (verdes)

C2: Porcentaje de carbono de los residuos secos (café)

H1: Porcentaje de humedad de los residuos orgánicos

H2: Porcentaje de humedad del cartón

6.2 Tamaño de los residuos

El tamaño óptimo de los residuos para compostaje varía entre 50 y 10 mm. Un tamaño superior a 50 mm retarda el proceso de descomposición y un tamaño por debajo de los 10 mm ocasiona que los residuos se compacten, impidiendo el intercambio gaseoso.

Para camellones provistos de agitación y aireación forzosa, El tamaño de los residuos debe variar entre los 13 mm y para camellones sin agitación y con aeración natural, el tamaño de los residuos debe variar entre los 50 mm.

6.3 Humedad

Para encaminar una reacción aeróbica, la humedad de los residuos debe oscilar entre 35 y 60%. Humedades por debajo de este rango ocasionan que la actividad microbiológica descienda y el proceso de degradación se torne extremadamente lento. Al contrario, humedades superiores al 60% favorece el degradación anaerobia generando olores desagradables.

6.4 pH

Por lo general, el pH de los residuos orgánicos biodegradables está próximo al neutro (6.5 – 7.5 pH), idóneo para el crecimiento bacteriano. En caso de un residuo ácido, modificar el pH con la adición de cal.

6.5 Población bacteriana

La velocidad de descomposición de los residuos depende de la actividad bacteriana, por lo que se recomienda introducir al residuo una carga microbiana (compost antiguo, inóculo con cultivo o inóculo con suelo fértil), para reducir el tiempo de descomposición.

NOTA

Los métodos analíticos para la determinación de materia orgánica, nitrógeno, relación C/N, humedad y pH, se encuentran en las NB 751 – 96, NB 748 – 96, NB – 752 – 96, NB – 745 – 96 y NB – 747 – 96, respectivamente.

7 PREPARACIÓN DE LOS RESIDUOS BIODEGRADABLES

Antes de conformar los camellones, los residuos biodegradables deben ser ajustados en los parámetros ya indicados, mediante:

- un balance de nutrientes (corrección de la relación C/N);
- la reducción de tamaño, y
- la corrección del pH (si requiere).

Asimismo, la población bacteriana puede ser mejorada con la aplicación de unas de las siguientes alternativas:

Inóculo con tierra fértil: Mezclar los residuos con tierra fértil a razón de 0.5 kg de tierra por cada m² de residuo (con 20 cm de alto).

Inóculo por trasplante: De un camellón en procesos de descomposición extraer una muestra del centro (núcleo del camellón) y mezclar con el residuo nuevo, a razón de 100 g/m².

Inóculo con cultivo: En un tanque de 200 L, introducir 5 L de excreta de aves de corral (frescas), 20 L de estiércol bovino (fresco) y 5 kg de suelo fértil o bien 5 L de residuos en proceso de descomposición (centro del camellón), completar el tanque con agua y agitar. Dejar reposar el cultivo por 48 hrs y regar el residuo nuevo.

Después de cada riego, completar el volumen utilizado con un volumen igual de agua más 0.25 kg de suelo fértil o 5 kg de residuos en proceso de descomposición.

8 DISEÑO DE UN SISTEMA DE COMPOSTAJE

8.1 Unidad de compostaje (Uc)

La unidad de compostaje es la masa de residuos que nos permitirá la conformación de un camellón y que ingresará al sistema como una unidad independiente del resto. La ecuación para determinar la unidad de compostaje es:

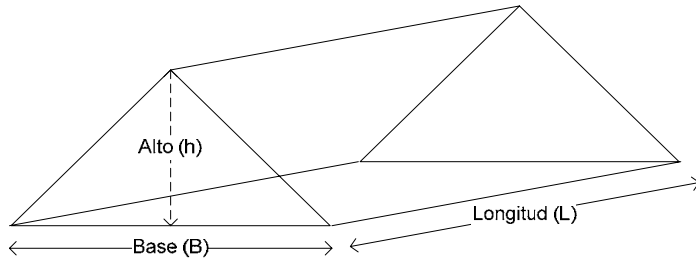
Unidad de compostaje (Uc) [m³/mes] = Generación mensual [kg/mes] / peso volumétrico [kg/m³]

8.2 Diseño de un camellón

Las dimensiones de un camellón están sujetas al mecanismo de aireación. Para un camellón con aireación natural (remoción), la base (B) debe ser aproximadamente 3 m y la

altura (h) debe ser la mitad de la base, es decir 1.5 m, mientras que la longitud (L) está sujeta a la unidad de compostaje (Uc).

Las dimensiones de un camellón se calculan con las siguientes ecuaciones:



$$h = \frac{1}{2} B \quad \text{Ecuación (1)}$$

$$S = \frac{B \times h}{2} \quad \text{Ecuación (2)}$$

$$L = \frac{Uc}{S} \quad \text{Ecuación (3)}$$

NOTA

Camellones con bases menor a 3 m, ocasionará pérdidas de calor, reduciendo la velocidad de la descomposición.

8.3 Tiempo de compostaje (Tc)

El tiempo que demora el proceso de descomposición depende de las características de los residuos biodegradables, las condiciones climáticas y del manejo del sistema de compostaje.

Por lo general, el proceso de compostaje dura entre 3 meses a 1 año.

8.4 Diseño de sistema de compostaje

Ecuaciones para calcular el área que ocupa el sistema de compostaje, considerando:

Tc = 3 meses (conformación de un camellón por mes)

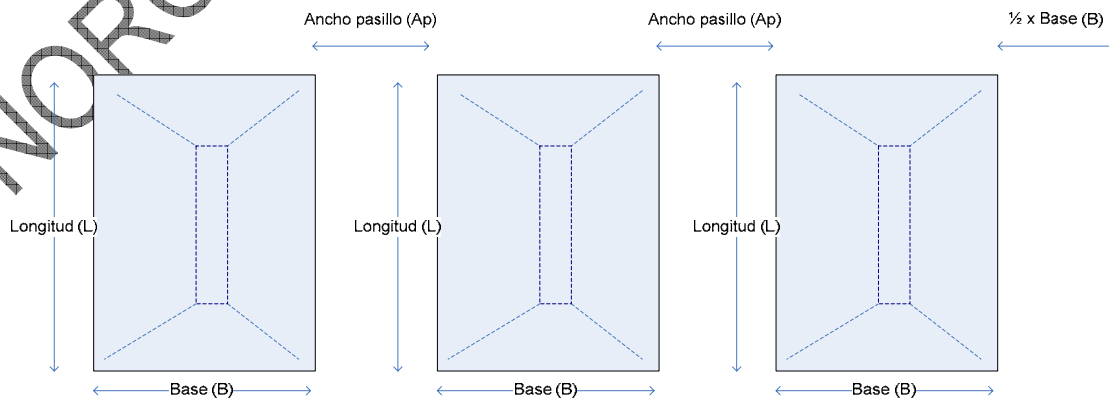
Ancho pasillo (Ap) = 2 m para remoción manual o 4 m para remoción con tractor con pala.

Área de la Base del camellón (**Ab**) = Base (B) x Longitud (L) x Tc

Área para pasillos (**Ap**) = Longitud (L) x Ancho pasillo (Ap) x Base (B)

Área correspondiente a la mitad de área del camellón (**Ac**) = 1/2 x Base (B) x Longitud (L)

Área del sistema de compostaje = (Ab) + (Ap) + (Ac)



Las características del área de ubicación del sistema de compostaje son:

- el área del sistema de compostaje debe contar con un declive de aproximadamente 1% para el escurrimiento de lixiviados, y un tanque de captación de lixiviados;
- el suelo debe compactarse antes de la disposición de los camellones, para evitar las infiltraciones.

9 MANEJO DE SISTEMA

Durante el proceso de compostaje se realiza en el control de la humedad, temperatura y aireación, como los parámetros más importantes.

NOTA

Después de la conformación del camellón no adicionar más residuos.

9.1 Control de la humedad

Mediante el test de puño:

- tomar con la mano una muestra del residuo, cerrar y apretar fuertemente;
- si con esta operación sale un hilo de agua continuo, el residuo es muy húmedo;
- si no se produce un hilo continuo de agua y el residuo gotea intermitentemente, la humedad es la adecuada;
- si el residuo no gotea y al abrir el puño de la mano permanece moldeado, el residuo es seco;
- si al abrir el puño, el residuo se disgrega, el residuo es muy seco.

NOTA

El test de puño es una prueba válida para el control de la humedad cuando la empresa no cuenta con un laboratorio para realizar la determinación de este parámetro.

9.2 Control de la temperatura

- para el control de la temperatura se utiliza un termómetro;
- las mediciones se realizarán en el centro mismo del camellón y se tomarán dos puntos equidistantes. Se promedia las temperaturas registrada;
- las mediciones deben realizarse diariamente.

9.3 Aireación

La aireación puede realizarse manual o mecánicamente (tractor con pala). Se recomienda realizar las aireaciones, cuando comienza a decrecer la temperatura, luego de haber alcanzado su valor máximo en su etapa termogénica. Inmediatamente a la remoción del residuo la temperatura experimenta un descenso, y paulatinamente vuelve a subir hasta completar una nueva etapa termogénica.

NOTA

Puede ser posible que sólo se cumpla una sola etapa termogénica o más de dos.

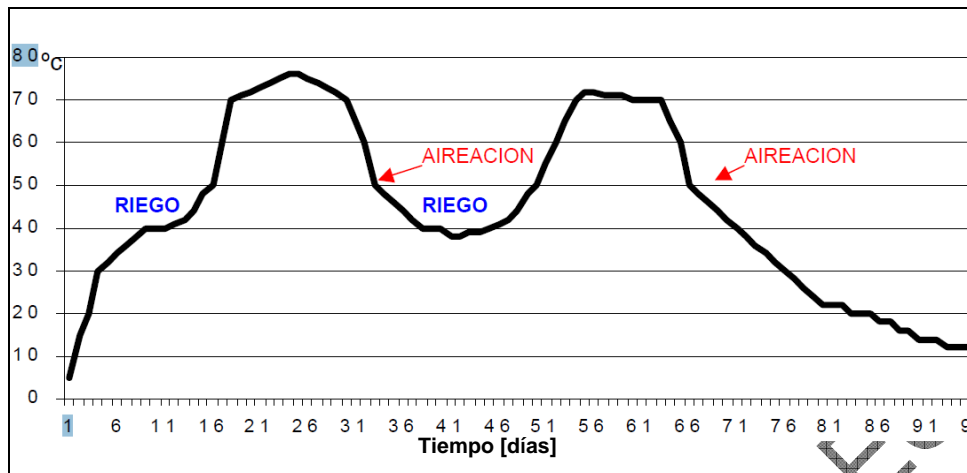


Figura 9-1 - Grafica del registro de las temperaturas en un camellón

En la

Figura 9-1 se muestra el registro de las temperaturas tomadas en un camellón y las aireaciones y humidificaciones.

10 CARACTERISTICAS DEL COMPOST

El proceso de compostaje ha culminado cuando:

- el compost sea homogéneo, no presente rastros del residuo original y tenga un olor similar a la tierra (presencia de actinomicetos);
- la temperatura superficial del camellón debe ser igual a la temperatura en el centro del camellón.

Asimismo, el compost debe cumplir con los siguientes requisitos:

- porcentaje de materia entre 55 y 60%;
- humedad entre 35%;
- relación C/N menor o igual a 18;
- granulometría 25 mm en un 90% del compost;
- impurezas (piedras, vidrios) menor al 5% cuyo tamaño no superen los 2 mm.