



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos



Descripción y diseño de un vermicompostador modular

Preparado para: Josenea BIO, S.L.

Preparado por: Ramón Plana González-Sierra

27 de septiembre de 2024

Número de informe: 24 - 028A



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

Índice

1.- Introducción	2
1.1. - El vermicompostaje	2
2.- El vermicompostador	4
2.1.- Diseño y dimensionamiento	4
2.3.- Capacidad de tratamiento	10
3.- Operativa	10
3.1.- Preparación del lecho	10
3.2.- Alimentación o aporte de residuo fresco	11
3.3.- Mantenimiento y monitorización	12
3.4.- Descarga	13
3.5.- Acople de otras unidades	13



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

1.- Introducción

Desde la empresa de inserción socio-laboral **Josenea BIO** se está liderando el proyecto Proyecto Piloto PDR de cooperación entre empresas sociales para cierre ciclo de la materia orgánica “*Bio Componiendo Alianzas Sociorurales (BioCompAS)*”, junto con la cooperativa **Gure Sustraiak**.

El objetivo principal del proyecto se basa en la generación de sinergias para profundizar en la gestión de residuos orgánicos de manera descentralizada, cerrando el ciclo de la materia orgánica a través de la aplicación del proceso de vermicompostaje a una escala de tratamiento compatible con el de una planta de compostaje como la que actualmente cuenta Josenea BIO en Lumbier (Navarra). Esta planta surgió de un anterior proyecto liderado por Josenea BIO entre los años 2018 y 2019 (“*Proyecto piloto de bioeconomía circular de residuos orgánicos a escala local con dimensión social y formativa*”) y que ha llevado a la empresa a ser un referente en la gestión de los biorresiduos generados en su mancomunidad que realiza mediante una recogida selectiva y un compostaje a escala local.

En el desarrollo del proyecto BioCompAS también se engloba la puesta en marcha de la instalación y su seguimiento, la capacitación de personas en su manejo y gestión, así como aspectos divulgativos y de promoción del proyecto y sus resultados.

Como parte del proyecto se contempla el diseño y construcción de un modelo de vermicompostador con un concepto modular y escalable para la obtención de un vermicompost a partir del material de salida de la fase de fermentación en la planta de compostaje de Josenea. En este documento se presenta el dimensionamiento, descripción y diseño del prototipo de este equipo para el proyecto.

1.1. - El vermicompostaje

A la hora de plantear la aplicación industrial de este proceso biológico de transformación de la materia orgánica hay que tener en cuenta varios aspectos característicos y específicos del proceso:

1. La eficiencia del proceso radica en tener una población de lombrices adecuada (densidad de individuos) y mantener las condiciones de humedad, temperatura y ciertas características químicas del medio. Para ello es imprescindible conocer y controlar la composición y estado del residuo o material con las que se alimenta a las lombrices. Además, esto implica que el tiempo de arranque de cualquier proceso estará directamente ligado al tiempo necesario para desarrollar una población de lombrices proporcional a la capacidad de tratamiento que se desee alcanzar.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

2. A escala industrial, es especialmente complejo controlar la temperatura ambiental, con lo que en los sistemas simples de tratamiento se ha de asumir diferentes eficiencias en la capacidad de procesamiento entre las épocas frías frente a las de temperaturas templadas o cálidas.
3. No es un proceso continuo. La alimentación de los lechos se realiza cada cierto tiempo. Lo más habitual es una frecuencia de una vez por semana.
4. Aunque se pueden monitorizar automáticamente ciertos parámetros clave del proceso (temperatura, pH, riego...), hay otras variables de control muy específicas que necesitan ser medidas de forma manual: número de individuos por m², número de cápsulas, estado sexual de las lombrices....
5. Parte del proceso de tratamiento es la separación final del producto resultante (vermicompost) de las lombrices que lo pueblan. Aparte de la necesidad de recuperar el mayor número posible de lombrices para mantener una población lo suficientemente abundante para garantizar una eficiencia en el tratamiento, las condiciones de humedad y densidad del producto dificulta la separación mecánica si antes no se realiza un secado del vermicompost. Esta fase del tratamiento debe integrarse en el protocolo de gestión de cualquier instalación a escala industrial.
6. Es necesario considerar que se debe evitar el acceso de ciertos animales, principalmente aves y roedores, al lecho, ya que se alimentan de lombrices y podrían causar importantes daños a la población.
7. Aunque es un sistema de tratamiento relativamente sencillo, el vermicompostaje es un proceso delicado, ya que depende intrínsecamente de mantener en las mejores condiciones posibles la población de lombrices. Estas no sólo se ven afectadas por la temperatura y la humedad del material. Otros parámetros, como la conductividad y el pH, también tienen un efecto directo en el bienestar de las lombrices y pueden estar relacionados con las condiciones del material que se aporta como alimento. Por tanto, es fundamental seguir en todo momento las pautas que se marquen en el protocolo de trabajo y operación de la zona de vermicompostaje, así como mantener la frecuencia de toma de datos de seguimiento y estado del proceso, para poder diagnosticar y prevenir cualquier problema. Una mortandad o inhibición en la población de lombrices supone un grave problema considerando el tiempo mínimo que será necesario para recuperar el estado anterior del lecho y el número de animales necesario.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

8. Se ha considerado que se emplearán lombrices de las especies *Eisenia andrei* o *Eisenia fetida*, vulgarmente conocida como “lombriz roja de California”, pues son las que para estas latitudes ofrecen mejores aptitudes para el proceso de vermicompostaje, tanto por velocidad de reproducción, capacidad de adaptación al medio y tasa de degradación del residuo orgánico. Además se pueden encontrar en los suelos de la zona ricos en materia orgánica.

2.- El vermicompostador

El punto de partida del diseño del vermicompostador es la capacidad de tratamiento a una escala que se pueda considerar industrial, junto con el mantenimiento de la capacidad de control y manejo simple, sin necesidad de equipos mecánicos específicos.

El material que se use como materia prima para la obtención de vermicompost será compost fresco de biorresiduos de la planta de compostaje de Josenea. Debe haber completado, al menos, la fase de fermentación bajo las condiciones de tratamiento establecidas en el protocolo de trabajo de la instalación y haber sido cribado a un tamaño de partícula máximo de 10 mm.

Otros materiales residuales, como estiércoles compostados (vacuno, equino, ovino, conejo...), podrán también ser considerados como materias primas para la alimentación de los lechos de lombrices.

En cualquier caso, e independientemente del diseño o tipo de vermicompostador, es imprescindible disponer de una analítica representativa completa del residuos a tratar para poder evaluar con garantías su idoneidad para introducirse al proceso.

2.1.- Diseño y dimensionamiento

A la hora de definir el tamaño del vermicompostador se han considerado los siguientes factores:

- A) Que la carga del vermicompostador pueda realizarse mecánicamente mediante el cazo de un tractor o una pala cargadora. Esto nos define una longitud mínima de la unidad.
- B) Que el acceso al material en proceso sea fácil, tanto para la monitorización como para las labores de descarga. Para ello se ha de poder acceder por ambos lados del vermicompostador.
- C) Que el peso total del equipo no limite sus posibilidades de transporte o desplazamiento entre ubicaciones de forma sencilla con la ayuda de algún equipo ya disponible en la planta de compostaje, como sería la pala del tractor.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

Se ha priorizado un diseño modular, de tal forma que se pueda ir incrementando la capacidad de tratamiento incorporando nuevas unidades según vaya siendo necesario. Esta modularidad pasa por integrar en el diseño la capacidad de unir cada módulo entre sí, para convertirlos en un espacio de tratamiento común que permita el desplazamiento de las lombrices entre ellos. A su vez, se han considerado las necesidades de riego y la posibilidad de generación de lixiviados cuyo potencial como producto fitosanitario es elevado, con lo que se facilita su captación, decantación y almacenamiento.

Las principales características del diseño son las siguientes:

- ✓ Es un sistema simple y robusto, que puede operar en el exterior. Aunque no está aislado térmicamente, el tipo de material empleado y sus dimensiones contribuirá a mantener cierto nivel de aislamiento del exterior.
- ✓ Modularidad. Se pueden unir entre sí diferentes unidades para incrementar la capacidad de tratamiento sin que varíe la operatividad de la zona de trabajo.
- ✓ Zona de confort o refugio para las lombrices en caso de que las condiciones del medio se vuelvan poco adecuadas para ellas.
- ✓ Accesible para facilitar las tareas de monitorización y toma de muestras.
- ✓ Facilidad en el manejo. Se puede alimentar con el cazo de una pala mecánica o un tractor. La descarga del material procesado también se puede hacer directamente sobre el cazo de la pala para facilitar su transporte a la zona de procesamiento.
- ✓ Posibilidad de conectarlo a un sistema automatizado de riego para mantener la humedad del lecho.
- ✓ Captación de los lixiviados que se puedan generar para dirigirlos a un decantador desde el cual se puede conectar a un sistema externo de almacenamiento.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

2.1.1.- Descripción

El vermicompostador tendrá una forma de caja rectangular, elevada del suelo por cuatro patas sobre las que se apoya y que cuentan con elementos para evitar que puedan acceder roedores u otros animales hasta el cajón (Figura 1).

Cajón

Las dimensiones totales del cajón serán de 1310 mm de longitud, 560 de anchura y 300 mm de altura en el lado frontal y 350 mm en el lado trasero. El volumen útil interior será de 1250 x 500 x 300 mm (Figura 2), es decir, un total de 187,5 litros (Tabla 1).

El material que conforma las paredes del cajón serán listones de madera plástica, como los empleados en los compostadores comunitarios de tipo modular. Las paredes frontal y trasera únicamente contarán con 3 listones o lamas de 100 mm de altura y 30 mm de grosor (Tabla 1).

Figura 1.- Vista lateral del vermicompostador.

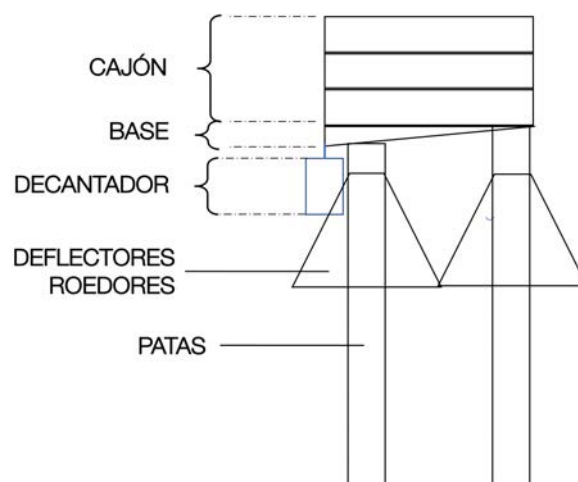


Tabla 1.- Dimensiones del vermicompostador.

Dimensiones			
Longitud (mm)	1310	Pendiente de la base (°)	4,0
Anchura (mm)	560	Longitud base (mm)	501,2
Altura frontal (mm)	300	Grosor lamas (mm)	30
Altura base (mm)	35	Volumen útil del cajón (L)	187,5
Altura trasera (mm)	350	Volumen base (L)	10,9
Altura salidas lixiviados (mm)	5	Volumen total (L)	198,4

Ya que se prevé que la ubicación del vermicompostador sea exterior, se han de considerar las posibilidades de cubrir la parte superior de cajón para proteger su interior de las precipitaciones, de la luz directa del sol y del acceso de aves y otros animales a su interior sin sacrificar su manejabilidad.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

Figura 2.- Dimensiones interiores del vermicompostador en vista en planta y lateral.

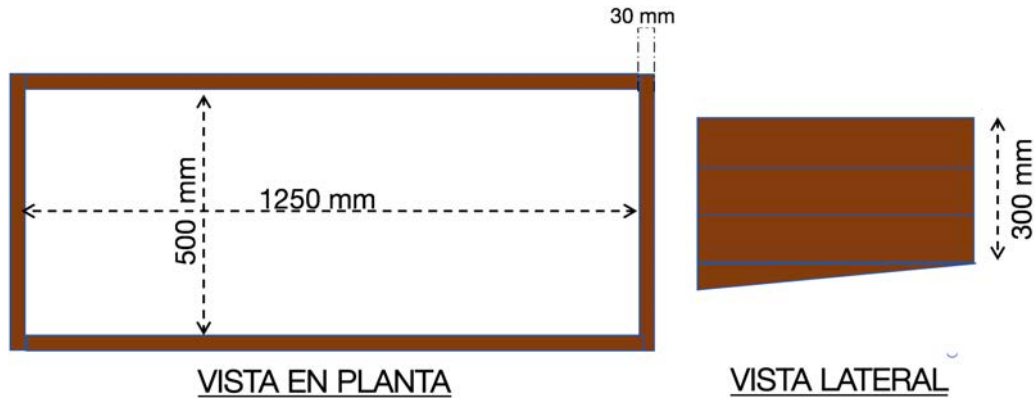
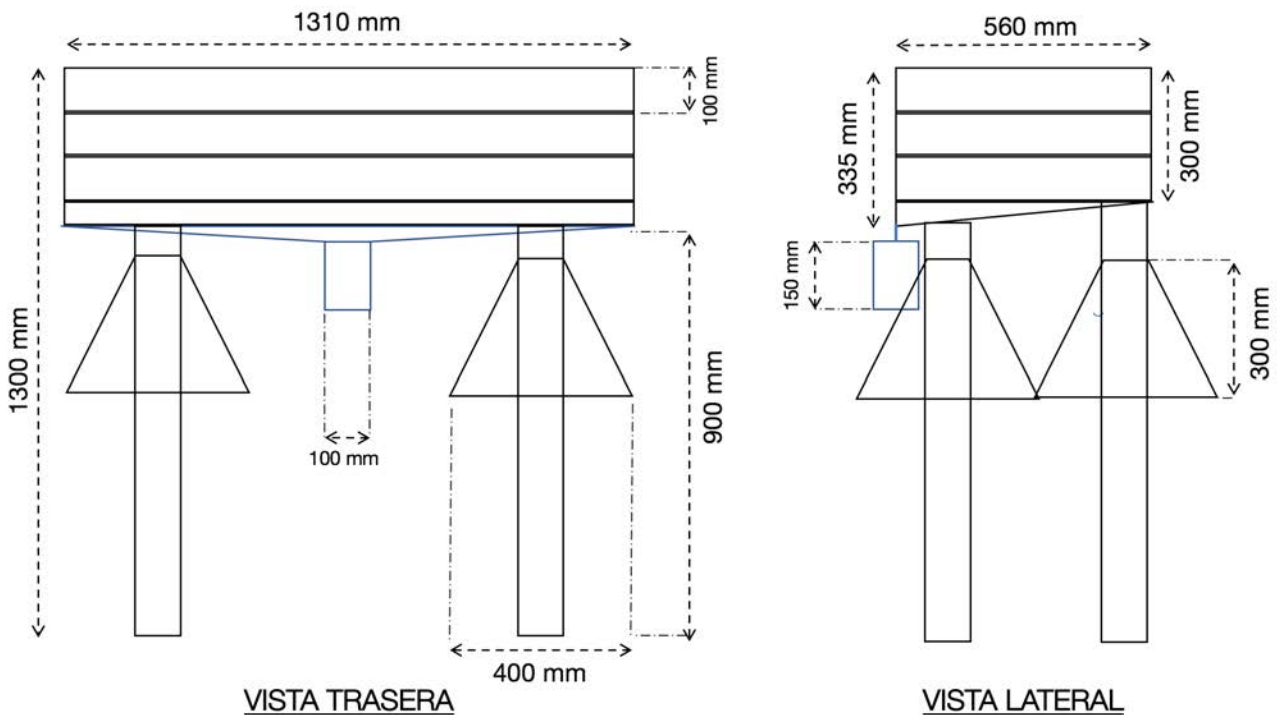


Figura 3.- Dimensiones del vermicompostador en vista trasera y lateral.



La base de la caja no es plana (Figura 3). Presenta una pendiente de no menos de 4° (7 %) hacia la parte trasera de la caja, creando un espacio por debajo del lecho que servirá para facilitar el drenaje de lixiviados que se puedan generar (Figura 3). De esta forma, en los laterales, tendrá una forma triangular de 35 mm de altura, 560 de anchura y una pendiente de 501,2 mm. Este espacio bajo la base del cajón se llenará con arcilla expandida, un material ligero, que no se compactará ni interferirá



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

con el proceso biológico y permitirá que los lixiviados puedan fluir sin acumularse. Al final de la pendiente, a través de hendiduras en la base de la pared de la caja, el lixiviado caerá a un canal de captación que lo conducirá hasta el decantador.

Captación de lixiviados

Se ubica en la parte trasera del cajón. En la parte inferior del lado trasero del cajón la lama presentará una serie de orificios o hendiduras de una altura mínima de 5 mm por donde saldrán los lixiviados recogidos en la base triangular del cajón descrita en el punto anterior (Figura 3).

Un canal de PVC a dos aguas (15 mm de sección) convergirá a dos aguas hacia el centro del cajón, donde se ubicará el decantador. Este consistirá en un cilindro de PVC de 100 mm de diámetro interior y 150 mm de altura interior, lo que le da un volumen útil de 1,2 L. Se aconseja que el fondo sea una tapa de rosca, que permita retirarla y limpiar su contenido fácilmente. Dispondrá de una boca de salida de 1 cm de diámetro a una altura de 130 mm desde el fondo. A esta boca se podrá conectar una manguera flexible para canalizar el lixiviado tras decantación hasta algún depósito o recipiente donde se desee recoger y almacenar.

Patatas

Para facilitar el acceso y las tareas manuales a realizar sobre el lecho, la altura máxima del mismo debería ser de 1300 mm, con lo que las patas de apoyo deberán tener una altura de 900 a 935 mm, dependiendo de si son las de la parte frontal o de la trasera (Figura 3).

La masa del conjunto de cajón y material en proceso se estima en menos de 200 kg, con lo que este ha de ser el peso de referencia que deben ser capaces de sostener. El material de construcción puede ser madera natural para reducir costes, pero cualquiera que sea el material, es fundamental que esté tratado para resistir las condiciones a la intemperie en la zona.

Otro factor importante es que las patas deben contar con deflectores de roedores, que impidan el acceso de ratones u otros animales hasta el cajón. Se recomienda que sean de forma cónica (40 cm de diámetro) en material, preferentemente flexible, que facilite tanto las labores de trabajo como la ubicación de nuevos vermicompostadores a continuación. Deben estar instalados a no menos de 60 cm del suelo y, preferiblemente, con abrazaderas que permitan retirarlos y volver a colocarlos en cualquier momento.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

Sistema de riego

Siendo la humedad un factor clave del proceso de vermicompostaje, es necesario contar con la posibilidad de aportar agua al lecho cuando se desee, ya que los valores de este parámetro en el material han de mantenerse por encima del 70 % en todo momento. Esta tarea puede ser automatizada o manual, a conveniencia de cada proyecto y ubicación.

De forma manual puede hacerlo directamente cualquier operador con una manguera con pulverizador, ya que en cualquier caso nunca se puede aportar agua directamente a chorro.

Si se desea automatizar se puede instalar sobre el perfil del lado trasero del cajón un circuito de riego con las características que se muestran en la Tabla 2. Este circuito se conectaría por uno de sus extremos a un sistema de riego temporizado de los utilizados habitualmente en jardinería o en horticultura. En el extremo contrario tendría una válvula o llave de paso que, en caso de instalar un nuevo vermicompostador junto al primero, se pueda unir al circuito de riego de esta segunda unidad, de tal manera que con el mismo sistema de riego se controle el riego de las dos unidades o de las demás que pudieran unirse.

Los microaspersores deben dar un arco de riego de 45° mínimo para poder cubrir toda la superficie del lecho de vermicompostaje.

La frecuencia de riego variará entre las épocas del año y las condiciones ambientales. Lo habitual, para las características de que se muestran en la Tabla 1, es realizar uno o dos riegos diarios de una duración de unos 2 minutos, pero este factor debe ser revisado periódicamente durante la operación del vermicompostador.

Tabla 2.- Parámetros de dimensionamiento del sistema de riego para cada vermicompostador.

Riego	
Diámetro tubería (mm)	25,4
Diámetro tubería (")	1
Caudal estimado (L·min ⁻¹)	25
Presión (bar)	0,7
Nº microaspersores	6



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

2.3.- Capacidad de tratamiento

Se estima que cada unidad podrá ser alimentada anualmente con unos 1400 a 1500 kg de compost fresco procedente de la planta de compostaje de Josenea. Con esta cantidad de materia prima y considerando condiciones óptimas de proceso en el lecho de lombrices, se podría estar produciendo entre 850 y 900 kg de vermicompost anualmente.

En la Tabla 3 se presentan los datos de dimensionamiento de cada unidad.

Tabla 3.- Parámetros de dimensionamiento de la capacidad de tratamiento de vermicompost por unidad.

Parámetro	
Aporte semanal (mm)	80
Aporte semanal (L)	50
Aporte semanal (kg)	25 - 30
Semanas anuales	52
Capacidad tratamiento (kg·año ⁻¹)	1400 - 1500
Producción vermicompost (kg·año ⁻¹)	850 - 900
Tiempo de llenado (semanas)	8,0
Lotes anuales	6 - 7
Vermicompost producido por lote (kg)	132

3.- Operativa

El manejo del vermicompostador comprende diferentes fases:

1. Preparación del lecho
2. Alimentación o aporte de residuo fresco.
3. Mantenimiento y monitorización.
4. Descarga.

3.1.- Preparación del lecho

En la base del cajón, el espacio triangular descrito en el punto anterior se debe llenar con unos 10 - 12 litros de arcilla expandida (Figura 4). Esto permitirá que los lixiviados puedan drenar por los orificios



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

de salida al canal de captación. Sobre este lecho se colocará en toda la superficie una malla plástica de luz cuadrada de 5 mm que evitará la caída de material del lecho hacia la base del cajón.

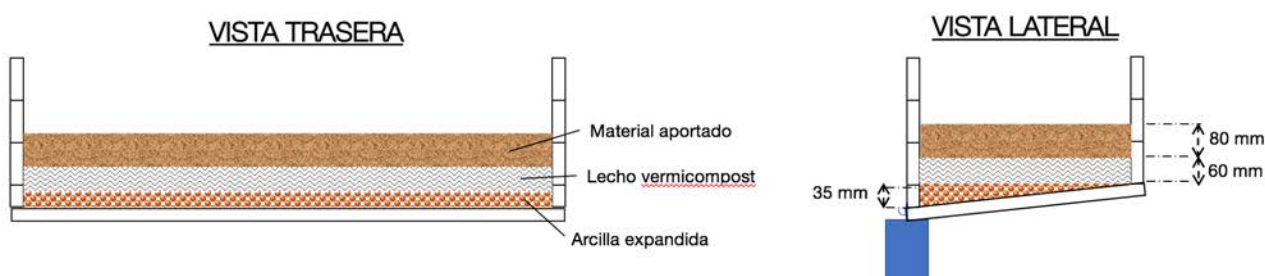
Por encima de esta malla se extenderá por toda la superficie un lecho de vermicompost maduro hasta una altura de 60 mm, que equivale aproximadamente a un total de 40 litros (Figura 4). En este material se inocularán las lombrices que van a desarrollar el proceso y les servirá de refugio en caso de que las condiciones ambientales se vuelvan inadecuadas para ellas. En caso de que la humedad no sea la correcta se realizará un riego hasta alcanzar una humedad mínima del 70 %. Es recomendable dejar el lecho durante tres días sin recibir alimentación, para completar la aclimatación de la población de lombrices.

A partir de este momento el lecho está preparado para ser alimentado con el residuo a vermicompostar.

3.2.- Alimentación o aporte de residuo fresco

Es necesario recordar que hay que tener la total garantía de que el material que se use para alimentar el vermicompostador reúne las características adecuadas para no dañar a la población de lombrices.

Figura 4.- Distribución de las diferentes capas del lecho en el vermicompostador en vista trasera y lateral.



Los aportes de residuo a tratamiento se realizarán por la parte superior del lecho, disponiendo el material en una capa superficial de no más de 80 mm de altura que cubra la superficie de vermicompost (Figura 4). La cantidad de alimento puede variar según el estado de la población de lombrices, tanto porque la densidad de población todavía sea escasa como porque la temperatura ambiental sea baja y la actividad de las lombrices esté reducida.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

Se prevé que la frecuencia de aporte será semanal, pero esto siempre y cuando las condiciones del medio lo permitan y se compruebe que se ha degradado suficientemente la anterior capa de alimento aportada.

Este aporte se puede realizar fácilmente con el apoyo del cazo de un tractor con pala o una pala cargadora, que puede verter directamente su contenido sobre el lecho para después ser extendido por los operarios con rastrillos y/o azadas. Es necesario recordar que las paredes del reactor están formadas por lamas extraíbles, al estilo de los compostadores comunitarios, lo que facilita el acceso al lecho si se retiran la lama superior y media en las primeras aportaciones.

Tras la alimentación se recomienda tapar el material con una capa de material aislante que permita la transpiración. Puede ser simplemente una capa de paja o similar, que se integra en el material orgánico, o una lona semipermeable¹ si la ubicación del vermicompostador no permite que los rayos del sol incidan directamente sobre la superficie del cajón. Esta capa se retirará antes de cada nuevo aporte de alimento.

3.3.- Mantenimiento y monitorización

El seguimiento y mantenimiento del lecho se compone de diferentes tareas específicas. Por un parte la monitorización de parámetros de proceso que se pueden medir directamente (temperatura, pH, conductividad...) y los que han de ser cualitativos o tomar una muestra para su análisis en laboratorio (humedad, porosidad, densidad de población, olor...). La frecuencia de medición cambiará durante el tiempo, según la experiencia y la capacidad de manejo del sistema y los operarios se vaya incrementando y no haya variaciones notables en las condiciones ambientales. Inicialmente se recomienda que no sea inferior a tres veces por semana.

El manejo del lecho incluye controlar que la humedad es adecuada, lo que se puede hacer de forma cualitativa. En caso de no serlo puede ser necesario variar la programación del riego automático (si se utiliza) o realizar riegos extra de forma manual. En caso de exceso de humedad se dejará el lecho descubierto y se utilizarán los rastrillos para remover suavemente el material para favorecer la evaporación.

El mantenimiento también incluirá comprobar el estado del decantador de lixiviados y, si se están recogiendo, del depósito empleado para su almacenamiento. Periódicamente se ha de vaciar y limpiar el decantador, para lo que se desenroscará la base del mismo para poder realizar estas acciones con facilidad.

¹ Del tipo anti-césped o anti-hierba evitando que sea de color negro.



Ramón Plana - Dr. en Biología - Consultor en Tratamientos Biológicos de Residuos Orgánicos

3.4.- Descarga

Cuando se haya completado el llenado del vermicompostador (se estima en 8 semanas), se deberá decidir en qué momento se vacía el lecho, según como se quiera gestionar la población de lombrices².

Para ello se retirarán las lamas de la cara frontal del vermicompostador y los deflectores de roedores (se recomienda que sean fácilmente removibles). El cazo de la pala cargadora se colocará por debajo del cajón, junto a las patas y, con la ayuda de rastrillos y/o azadas se irá retirando capas de vermicompost y se irán vertiendo en el cazo. Esta operación se repetirá hasta llegar a la capa inicial de vermicompost o, como máximo, a la malla plástica de separación de la base.

3.5.- Acople de otras unidades

Como se comentó en el apartado de descripción y diseño, el concepto de este vermicompostador es que se trata de unidades modulares que pueden acoplarse entre sí. En caso de que se desee incrementar la capacidad de tratamiento se dispondrá de otro vermicompostador al lado del primero, poniendo en contacto directo el lateral derecho de una unidad con el izquierdo la otra y se retiran las lamas que conforman ambas paredes laterales. De esta forma, los lechos que se formen en las dos unidades estarán en contacto directo.

Entre una unidad y otra, por la cara interior, se dispondrá una tira flexible de polietileno de alta densidad (PEAD) de 200 mm de anchura y que llegue hasta la altura de la primera lama de las paredes frontal y trasera. Esto evitará que percolen lixiviados por la separación entre ambas unidades y garantizará la continuidad entre los lechos de ambos vermicompostadores.

Los sistemas de riego de ambas unidades se unirán mediante un tubo flexible del diámetro adecuado que unirán las válvulas de ambos extremos.

De esta manera se podrán ir añadiendo nuevas unidades de vermicompostadores a lo largo. Esto facilita el manejo de los lechos, ya que serán perfectamente accesibles desde la parte frontal y la parte trasera de los vermicompostadores, no se variará la operatividad de cada unidad y, a su vez, se podrá incrementar la capacidad de tratamiento.

Las uniones laterales entre vermicompostadores permitirá que las poblaciones de lombrices se desplacen entre unidades, lo que facilita las estrategias para conseguir retirarlas del vermicompost ya acabado sin pérdidas importantes del número de individuos.

² Esta parte se definirá en el protocolo de funcionamiento del vermicompostador.