

DISPOSITIVO AUTOMATIZADO DE COMPOSTAJE Y GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS ORGÁNICOS

RESUMEN

5 La presente invención hace relación a un dispositivo y método automatizado de compostaje y gestión integral de residuos orgánicos, para su transformación en una enmienda agrícola regeneradora de suelos apta para cultivo de alimentos, que se caracteriza porque posee módulos de control, monitoreo, fotovoltaico, riego, tamizaje y de bioxidación. La función ejercida
10 a través del presente dispositivo se ejecuta a través del medio legible por computador que procesa datos, desarrollado para tal fin. A su vez, la presente patente posee un método de funcionamiento novedoso que permite la integración de los elementos que hacen parte de los módulos, con lo cual se ejerce la acción de compostar y gestionar integralmente residuos orgánicos,
15 para su posterior uso en la recuperación y regeneración de suelos, así como a nivel agrícola en aplicaciones sobre cultivos de alimentos.

El campo de aplicación de la presente invención está dirigido al sector agrícola, de suelos y de gestión de residuos sólidos.

SECTOR TECNOLÓGICO

20 La presente invención se encuentra relacionada con la ingeniería electrónica, agronómica, química, mecánica, de las telecomunicaciones, de medio legible por computador que procesa datos y la microbiología.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

25 La presente invención nace a partir de dos problemáticas mundiales que se evidencian e intensifican a nivel local; la primera se relaciona con que la generación y gestión actual de residuos en el mundo es insostenible, demostrado con datos de fuentes como la Organización de Naciones Unidas,
30 según los cuales al año se generan en el mundo más de 2.000 millones de toneladas de residuos urbanos y más de 3.000 millones de personas no tienen acceso a instalaciones de gestión final de residuos. Es preocupante que tan

sólo el 13,5% de los residuos a nivel mundial se reciclan y el 5,5% se compostan, a pesar de que más del 60% de los residuos son orgánicos y por ende permiten su compostaje. En Colombia según cifras de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, más del 80% de los residuos generados son dispuestos en rellenos sanitarios, siendo esta una clara muestra de que en el país persiste un modelo de economía lineal insostenible y obsoleto, aun cuando la normatividad legal vigente y los compromisos adquiridos a nivel internacional obligan a implementar un modelo de economía circular. Las implicaciones de la gestión actual de residuos a nivel global y local son graves en cuanto al impacto ambiental negativo que se genera por la disposición de residuos en vertederos y rellenos, donde son una fuente masiva de emisión de metano y otros gases de efecto invernadero responsables del cambio climático y de otros compuestos orgánicos volátiles de gran toxicidad para ecosistemas y humanos, y que a su vez generan afectación al recurso hídrico por los lixiviados que se filtran a las fuentes de agua superficiales y subterráneas, y graves afectaciones sanitarias a las comunidades aledañas por olores ofensivos y proliferación de vectores. Esto sin contar con otros impactos relacionados con este modelo, como es el de la contaminación por la quema de combustibles fósiles que se produce en el transporte de los residuos, por medio de volquetas y camiones compactadores que recorren miles de kilómetros desde los puntos de recolección hasta los de disposición final.

Por otro lado, existe una grave problemática que amenaza la seguridad alimentaria mundial y es la acelerada degradación de suelos a causa de la erosión, disminución de nutrientes, salinización y compactación física derivadas en su mayor parte de malas prácticas agrícolas, como por ejemplo el uso excesivo de agroquímicos, sobreexplotación de recursos hídricos, quemas, monocultivos y deforestación.

Los suelos degradados tienen una reducción significativa del rendimiento y sus efectos negativos sobre la economía son más duros en países que dependen de la agricultura para obtener ingresos (FAO, 2006), como es el caso de Colombia. Una tercera parte de la superficie Terrestre (4.000 Millones de Hectáreas) está amenazada por la desertificación y afecta directamente a

250 millones de personas, y otros 1.200 millones en 110 países, cuya población depende de la tierra para la mayoría de sus necesidades. Cada año aumentan los desplazamientos forzados derivados de tierras estériles que dejan de ser cultivables, donde 24.000 millones de toneladas de tierra fértil se pierden al año en el mundo. La seguridad alimentaria está en riesgo y requiere de métodos agrícolas mucho más innovadores, eficientes y sostenibles.

En cuanto a la emisión de gases de efecto invernadero relacionados con el sector de producción de alimentos, según la FAO la agricultura -incluyendo silvicultura, pesca y ganadería- genera cerca de una quinta parte de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero del mundo con más de 10.000 millones de Toneladas CO₂ eq/año. Las emisiones generadas durante la aplicación de fertilizantes sintéticos representaron el 13 % de las emisiones de la agricultura (725 Millones de Toneladas CO₂ eq) en 2011, y son la fuente de emisiones de más rápido crecimiento en este sector, con un alza del 37 % desde 2001. Los gases de efecto invernadero resultantes de los procesos biológicos en los arrozales que generan metano representan el 10 por ciento del total de las emisiones de la agricultura, mientras que la quema de sabanas representa el 5%.

En esas circunstancias y visto el estado del arte analizado, se pudo determinar que el dispositivo que se pretende patentar ostenta elementos ampliamente diferenciables y exclusivos, situación que permite inferir el otorgamiento de una patente de invención. Así las cosas, las patentes analizadas se expondrán a continuación con sus respectivos elementos característicos y de diferenciación con respecto a la del presente trámite adelantado.

Se refleja lo mencionado cuando se analiza al detalle las diferencias que presenta con las invenciones o patentes encontradas en el estado de arte buscado. Tal es el caso de la patente CN214142128, que se muestra como un sistema de compostaje aeróbico que ahorra energía y es respetuoso con el medio ambiente, la cual ostenta las siguientes disimilitudes con respecto a la del presente trámite cuando: i) Este sistema requiere de conexión a acometida eléctrica, la presente invención cuenta con

paneles solares y baterías que le brindan autonomía en su funcionamiento; ii) tiene un sistema de compostaje inmóvil, fijo, que no permite ser trasladado, en cambio el presente desarrollo cuenta con rodamientos que permiten trasladar el equipo, además su autonomía se basa en energía fotovoltaica, lo que facilita su movilidad y funcionamiento en cualquier lugar, además de no estar restringido por una acometida a red eléctrica principal; iii) Es un sistema hermético, presenta sistema de control de ingreso (7, soplador 13, controlador; 14, válvula unidireccional, 20, ranura de colocación) y salida de gases (21, tubo de escape; 22, válvula de control electromagnética) y por lo tanto no permite aireación convectiva, ya que no posibilita el flujo de aire de forma natural al interior del equipo. (2, piscina de apilamiento). Por su parte, la presente invención permite aireación convectiva a través de los orificios de las paredes de la compostera; iv) la patente analizada cuenta con una forma de apilamiento por debajo del nivel del suelo (2, piscina de apilamiento), mientras que en el presente desarrollo cuenta con una estructura sobre el nivel del suelo apoyada en rodamientos, donde se apoyan los compartimentos en los que se vierte el material a compostar, además cuenta con puerta para facilitar el llenado y extracción del material compostado; v) Presenta la patente estudiada un único módulo de control (13, controlador), diferente a lo que presenta esta invención que cuenta con diferentes módulos de control y monitoreo.

A su vez, la invención objeto de estudio de patente posee diferencias con otras patentes encontradas dentro de la vigilancia tecnológica realizada sobre el particular, esto para dar refuerzo a la postura de encontrarnos ante una patente de invención debidamente consolidada. En ese orden se tiene la patente 11342923 A, que hace referencia a un dispositivo de entrada y salida de palets, la cual se diferencia de la invención del presente trámite en las siguientes características:

- a) En esta patente el extremo de entrada del tubo de aire está conectado con la válvula de drenaje, mientras que en el presente desarrollo objeto de solicitud de patente no se requiere válvula de drenaje para lixiviados, ya que el software, en su módulo de mezcla, provee una

funcionalidad para el cálculo de los parámetros iniciales de la mezcla de compost, permitiendo diseñar una receta con las proporciones adecuadas de materiales húmedos y secos para evitar la generación de lixiviados.

- 5 b) En la patente analizada, el sistema de control requiere conexión a una acometida eléctrica, mientras que el presente desarrollo se tiene autonomía energética a partir de la intervención de los paneles solares.
- 10 c) Es un sistema de compostaje inmóvil, fijo a una caja de compost combinada, no permite ser trasladada, en cambio el presente desarrollo cuenta con rodamientos que permiten trasladar el equipo, y que, por su autonomía basada en energía fotovoltaica, facilita su movilidad y funcionamiento en cualquier sitio, sin estar restringido por una acometida a una red eléctrica.
- 15 d) Cuenta con armario de control, sistema de control, y control central del sistema, que están enfocados en el control del flujo de aire o ventilación, mientras que en el presente desarrollo o invención se presentan módulos de control y monitoreo, que miden distintas variables adicionales.
- 20 e) La patente objeto de comparación está compuesta de material textil funcional semipermeable, tejido y cosido; la bolsa de compost está provista de un asa, el extremo superior de la bolsa de compost está provisto de una cremallera de sellado en la pared exterior, la bolsa de compost cerca del fondo está provista de una pantalla de filtro suave; el extremo inferior de la bolsa de abono está provisto de una válvula
- 25 elástica, el ingreso del material a compostar se da mediante el uso de un cremallera de sellado. En la presente invención en cambio se cuenta con compuertas que permiten el ingreso del material, lo cual posibilita el uso de herramientas manuales para este proceso.
- 30 f) La patente estudiada reivindica un sistema de compostaje de doble película compuesta, adecuado para procesamiento distribuido a pequeña escala, que comprende además una caja de compost, los pequeños residuos sólidos microorgánicos de ámbito urbano o rural y se dispersan en la bolsa de compost, luego se agrega parte de la bolsa de materiales auxiliares e inóculo microbiano, en donde el material se

- 5 prepara al estado fácil para fermentar. Luego la bolsa de abono se coloca en la caja de abono; el extremo inferior de la caja de abono está conectado de forma fija con la base combinada de la bolsa de abono; la base combinada de la bolsa de abono y la caja de abono están diseñadas integralmente. En cambio, la presente invención cuenta con un medio legible por computador que procesa datos que permite calcular la mezcla ideal de material a compostar, especificando las proporciones óptimas de residuos húmedos y secos.
- 10 Finalmente, el estado del arte evidenció la patente EP3889123A1, que reivindicó un compostador doméstico, el cual claramente es diferente al dispositivo y método que por medio del presente documento se busca proteger con el título de patente, en cuanto a:
- 15 I. La presente patente ofrece la posibilidad de introducir en la cámara de mezclado la cantidad de agente estructurante que le dé a la mezcla una relación C/N óptima y triturado en los tamaños que favorezcan la mejor degradación. Mientras tanto, el actual desarrollo objeto de patente ofrece una forma innovadora de calcular la relación C/N
- 20 óptima mediante un medio legible por computador que procesa datos de compostaje, a través del cual se ejecutan de forma automática ecuaciones que permiten determinar los valores resultantes de la mezcla de materias primas según las cantidades establecidas y una previa caracterización registrada.
- 25 II. La presente patente estudiada tiene la capacidad para drenar el agua de exprimido y lixiviados y desviarlos a la tubería de alcantarillado o a un tanque especial para su reciclaje. El actual desarrollo a patentar no requiere sistema de drenaje, ya que al calcular mediante el medio legible por computador que procesa datos, las cantidades óptimas de
- 30 humedad se logra determinar la proporción ideal entre materiales húmedos y secos, por lo que estos últimos logran absorber el lixiviado que se genera sin necesidad de drenarlo.
- III. La presente patente analizada permite el aumento artificial de la temperatura de la masa para asegurar las condiciones de existencia y

la óptima proliferación de microorganismos. La presente invención objeto de patente no requiere el aumento artificial de temperatura, ya que se logran temperaturas termófilas lo suficientemente elevadas y por un tiempo suficientemente largo para asegurar la higienización del compost.

Los argumentos en cuanto a las diferencias vistas sobre cada una de las patentes analizadas, dan cuenta clara de encontrarnos en presencia de una patente de invención, la cual permite un mejor uso, eficiencia en el proceso de compostaje y calidad en cuanto al uso en instalaciones abiertas y/o residenciales, debido a la disminución de olores y lixiviados, a través de la intervención directa de los cálculos establecidos en el medio legible por computador que procesa datos dispuesto para la presente invención.

15 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIG. 1. Vista Frontal Compostera.

FIG. 2. Vista Posterior Compostera.

FIG. 3. Detalle módulo de control.

20 FIG. 4. Detalle módulo de monitoreo.

FIG. 5. Detalle módulo riego.

FIG. 6. Detalle módulo de tamizaje.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25

La presente invención hace relación a un dispositivo y método automatizado de compostaje y gestión integral de residuos orgánicos, para su transformación en una enmienda agrícola regeneradora de suelos apta para cultivo de alimentos, que se caracteriza porque el módulo de control (1) contiene un microcontrolador de dos núcleos (101) y un reloj en tiempo real, utilizado para llevar control de los ciclos de activación y desactivación del módulo de aireación forzada de acuerdo con el día y la fase en la que se encuentra el proceso. La etapa de potencia ha sido diseñada con relé de

30

estado sólido (102) para garantizar el correcto funcionamiento del aireador, minimizando pérdidas de potencia durante la conmutación.

Adicionalmente, se ha diseñado un mecanismo de registro de datos local (103) a través de microSD y en la nube usando el concepto de internet de las cosas para el posterior análisis de datos, mientras que una pantalla LCD (104) permite al usuario visualizar el comportamiento del proceso en tiempo real. El módulo de control se encarga de gestionar el dispositivo y alcanzar así su máxima productividad. Funciona mediante un mecanismo redundante que controla el módulo de aireación de acuerdo a una programación preestablecida y de la información recibida del módulo de monitoreo (2), activando y desactivando los actuadores de forma automática; también permite una comunicación bidireccional, de tal forma que el usuario pueda modificar algunas variables operativas.

De otra parte, el módulo de monitoreo (2) consta de sensores (201) para la medición de parámetros del proceso dentro de los cuales se incluye, pero no se limita a: temperatura, humedad, oxígeno disuelto, pH, presión, generación del módulo fotovoltaico (energía). El módulo de monitoreo (2), registra las señales de los sensores (201) y las envía al microprocesador (202), el cual se encarga de interpretarlas y convertirlas en unidades que posteriormente envía al módulo de control (1) para optimizar dinámicamente el proceso del funcionamiento del dispositivo. Así mismo, son tratadas digitalmente para evitar ruidos de ambiente o ruidos eléctricos, y luego son enviadas, a través del protocolo de comunicación, a la pantalla LCD de visualización (103), a la nube para su posterior procesamiento, y al aplicativo móvil. Cuenta con un mecanismo de alerta temprana y alarma para comunicar los umbrales de parámetros operativos, informar al usuario sobre los tiempos y las fases de compostaje en las que se encuentra el proceso, y finalmente indicarle sobre la culminación de dichas fases.

Así las cosas y teniendo en cuenta que el dispositivo objeto de la presente patente posee un módulo fotovoltaico (3), se resalta que este ha sido optimizado en términos de eficiencia energética de modo que use paneles solares de baja potencia (301), disminuyendo así el costo del dispositivo y

favoreciendo su viabilidad económica, además de permitir la autonomía energética del dispositivo de compostaje, lo que le permite funcionar en lugares donde no se tiene a disposición una red eléctrica. El módulo fotovoltaico (3) a su vez posee un controlador de carga (302) y banco de baterías (303). El controlador (302) se encarga de mantener las condiciones óptimas de generación en el panel solar, y regula el voltaje de la batería para aumentar su vida útil, evitando descargas por debajo de lo permitido o que se presenten sobre voltajes.

10 Siguiendo con los aspectos característicos de la invención objeto del presente proceso de patente, se expone que el dispositivo y método contiene un módulo de riego (4) que se caracteriza porque posee un pulverizador (401), el cual se encarga de impulsar el agua y enviarla a presión a través de un conducto que se acopla a una manguera, que en su extremo posee una adaptación rígida y puntiaguda (402), permitiendo hacerse paso entre la masa de compost para hidratar la pila en sus capas internas y profundas; y dispone de un canal, bajante y tanque de almacenamiento de agua lluvia para reutilización del recurso hídrico y uso del mismo durante el proceso de compostaje.

20

Por otra parte, el presente dispositivo y método que está dispuesto en forma de módulos, entre estos posee uno de biooxidación (5), el cual se caracteriza porque consta de ventiladores de aire (501) axiales o centrífugas, que funcionan por ciclos de aireación forzada programados de acuerdo con el tamaño de la compostera, las fases del proceso, el cálculo estequiométrico para determinar los requerimientos de oxígeno y la ventilación necesaria para disipar el calor y controlar la humedad excedente de los residuos orgánicos a compostar. El aire inyectado por los ventiladores (501) es transportado a través de tubería perforada o canales de aireación (502), que cuenta con una distribución de orificios dada por: la velocidad del aire inyectado, el caudal de salida de la ventilador o de entrada al canal de aireación, diámetro de la tubería, características del material de la tubería, pérdidas de presión por fricción, las diferentes secciones de tubería a utilizar (codos, tes, reducciones, uniones), la longitud de las secciones rectas, la potencia disipada debido a fricción y el caudal de salida del canal de aireación. Estas variables

determinan igualmente el tamaño, la potencia, el caudal y la presión estática de los ventiladores de aire (501) a utilizar.

5 Siguiendo con los componentes del módulo de bioxidación (5) y en un ejemplo de la invención, para las composteras móviles con rodachines se cuenta con una configuración de orificios en su cuerpo, lo cual permite una aireación convectiva o flujo de aire natural que complementa la aireación forzada de los ventiladores de aire (501). También cabe resaltar que las composteras móviles constan de dos o más compartimientos (503) separados
10 en su interior que brindan la posibilidad de tener un proceso continuo de compostaje, en el que una vez se llena uno de los compartimientos e inicia el proceso de bioxidación en su fase activa, queda habilitado el otro compartimiento para proseguir con el llenado, el cual se llevará a cabo durante el tiempo en que el primero está con una pila de compost siendo
15 procesada, y al llenarse el segundo compartimiento y encontrarse listo para empezar su fase activa, se tendrá la posibilidad de retirar el material del primer compartimiento y dejarlo disponible para seguir el proceso de llenado y bioxidación de forma ininterrumpida.

20 Otro componente clave del dispositivo es el módulo de tamizaje, el cual permite aprovechar la potencia humana y energía cinética que se genera al pedalear una bicicleta (601) adaptada para tal fin, y transmitirla a un eje que hace girar un trommel (602), habilitando el paso a su nivel inferior del material que tiene un tamaño adecuado, separándolo de los materiales de
25 mayor granulometría, y que a su vez se compone de un mecanismo de transmisión al eje (603) del trommel giratorio o tambor rotativo y de un compartimiento inferior (604) para recepcionar el material tamizado.

La presente invención, para su funcionamiento y cumplimiento de cada una
30 de las etapas que implementa el dispositivo, posee un medio legible por computador que procesa datos con acceso desde una plataforma web y aplicativo móvil, que se encarga de gestionar la mezcla de materias primas e ingredientes para el diseño de recetas de compost, además de llevar a cabo la trazabilidad de los parámetros operacionales, el análisis del proceso y la
35 generación de informes.

Cuenta con un módulo de mezcla que contiene tablas estándar de materias primas caracterizadas y permite que el usuario edite o cree las suyas propias, además de proveer cálculos automatizados y herramientas gráficas que son de gran ayuda para la visualización y el ajuste de los parámetros iniciales requeridos (relación carbono/nitrógeno, humedad, densidad, tamaño de partícula, espacio libre de aire), y que utiliza un código de colores para indicar si la mezcla de ingredientes a compostar está en un rango óptimo (verde), aceptable (amarillo) o deficiente (rojo), para lograr una mezcla que garantice un proceso exitoso y un producto final de alta calidad, al igual que diseños de recetas que se puedan replicar en diferentes condiciones de manejo de materiales, para lo cual cuenta con funciones complementarias como la de conversión de unidades de peso y volumen, y de un algoritmo que aproxima los valores establecidos para convertirlos en proporciones relativas de cada materia prima, facilitando la optimización del diseño de mezclas de compost y la trazabilidad del proceso.

Siguiendo con las funcionalidades del medio legible por computador que procesa datos de la presente invención, este cuenta con un módulo de optimización, en el cual se realiza el registro y procesamiento de datos operativos para la trazabilidad y análisis correlacional y predictivo del proceso de compostaje. En este módulo se almacenan datos derivados del inventario de materias primas que ingresan para acopio y aquellas que van siendo usadas en mezclas a compostar, al igual que la relación del compost maduro o producto terminado que va saliendo del proceso y va siendo acopiado, empacado y aplicado en las instalaciones del cliente o transportado por fuera de las mismas, y se lleva un historial de las recetas de mezcla utilizadas, tamaños de las pilas de compost, fechas de inicio y terminación de cada una de las fases, parámetros operacionales, resultados de análisis de laboratorios sobre muestras para el control de calidad de lotes de producto final o compost madurado, verificación del cumplimiento de requisitos normativos para el uso agronómico del compost y de los resultados validados en campo al aplicarse a cultivos y suelos. Todos estos datos se procesan usando algoritmos de inteligencia artificial, los cuales se encargan de generar alertas tempranas e

informes detallados del proceso, en los que se incluyen oportunidades de mejora y recomendaciones técnicas de optimización.

Otro objetivo de la presente invención es el proceso de compostaje a través del método aquí resaltado, el cual se dispone de la siguiente forma:

- Caracterización de las materias primas a compostar, diseño básico de mezcla y cálculo inicial de parámetros iniciales óptimos proyectados, actividad que se realiza mediante el medio legible por computador que procesa datos de compostaje en su módulo de mezcla.
- Registro, verificación y acondicionamiento de materias primas a compostar, para lo cual se determina el peso o volumen de cada ingrediente y se verifica que el material que ingresa esté libre de impurezas, para lo cual se realiza inspección y retiro de residuos inorgánicos y demás contaminantes o materiales inapropiados, para luego proceder al acopio de la materia prima en el sitio correspondiente, y en caso de requerirse ser introducido al proceso de mezcla a compostar, se realiza el ajuste del diseño de mezcla preestablecido, y en caso de requerirse, se procede al acondicionamiento de la materia prima mediante acciones de trituración o reducción del tamaño del material, para luego ejecutar la mezcla de materiales húmedos y secos.
- El llenado de los compartimientos de las composteras, tanto residenciales como comunitarias, se puede realizar de dos maneras:
 1. Siguiendo un patrón de materiales secos y húmedos, los cuales se posicionan uno encima de otro en capas sucesivas, teniendo como base una cama de material seco de entre 5 y 15 centímetros, aproximadamente. Luego de que la compostera se llena, es desocupada y el material es mezclado de forma homogénea, para ser reintegrado nuevamente al compartimiento.
 2. Se mezclan los materiales húmedos y secos por fuera de la compostera y se ingresan a la misma ya homogenizados. Esto se repite cada vez que ingresa nuevo material, aplicando la base de material seco de entre 5 y 15 centímetros, determinado en el punto anterior.

- El proceso de llenado tendrá una duración máxima de cuatro semanas, si durante este tiempo no se logra completar la capacidad máxima del compartimiento, se deberá activar el aireador para iniciar la fase activa de bioxidación con inyección de aire.
- 5 • Para el control de olores ofensivos se utilizan biofiltros, que consisten en la aplicación preferiblemente de compost maduro o semimaduro, o en su defecto de un material seco, en la parte superior y laterales de la pila de compost.
- 10 • Se activa el módulo de control para iniciar los ciclos de aireación a través de los ventiladores de aireación forzada, y a partir de ese momento comienza el conteo del tiempo que durará la fase activa o de bioxidación. El usuario tiene la posibilidad de seleccionar la cantidad de intercambios de aire por hora o número de ciclos de aireación que ejecutará el dispositivo, dentro de las opciones
- 15 disponibles en el medio legible por computador que procesa datos del módulo de control, así como la velocidad de los ventiladores (alta, media o baja).
- 20 • A partir del día uno de la fase activa del proceso de compostaje se inicia el monitoreo de las variables de temperatura, humedad y oxígeno de la pila del compost a través de los sensores (201) del módulo de monitoreo (2),
- 25 y los datos se registran en una base de datos albergada en el medio legible por computador que procesa datos de compostaje. El usuario tendrá la posibilidad de visualizar los datos y la información derivada de estos, mediante una interfaz local y a través de la plataforma web y la aplicación móvil a la que tendrá acceso.
- 30 • Luego de la primera semana del inicio de la fase activa del proceso de compostaje, se procede a realizar la hidratación de la pila de compost, mediante el módulo de riego (4) con una frecuencia de una a tres veces por semana o según sea requerido de acuerdo a los datos sensados, asegurando la hidratación tanto de la capa externa como de las capas internas del material. Para acceder a las capas internas de la pila de compost se ingresa la adaptación rígida y puntiaguda (402), la cual penetra e hidrata dichas capas mediante

el bombeo manual del líquido recolectado en el tanque de almacenamiento de agua lluvia (403).

- Luego de un periodo de tiempo entre 3 y 4 semanas, culmina la fase activa e inicia la fase de estabilización, en la cual la inyección de aire será opcional, y en caso de ejecutarse deberán reducirse el número de intercambios de aire respecto de la fase anterior. Al culminar la fase activa y antes de iniciar la fase de estabilización, se retira el material de la compostera, se procede a mezclarlo o voltearlo nuevamente para la homogenización del material, y se reintegra al compartimiento respectivo, o se almacena en un lugar establecido para tal fin para proseguir el proceso en su nueva etapa. La fase de estabilización durará aproximadamente otras 3 semanas, luego de las cuales se realizará un nuevo volteo de la pila, e iniciará la fase de maduración, que tendrá una duración mínima de otras tres semanas, tiempo durante el cual no se requiere aireación forzada en lo absoluto, pero que al igual que en las fases anteriores, es importante mantener el material protegido de la lluvia.
- El proceso de compostaje podrá ser intermitente en lugares donde la generación de residuos orgánicos sea interrumpida durante ciertos periodos de tiempo, pero deberá ser continua donde exista una generación constante de residuos compostables, para lo cual se cuenta con dos o más compartimientos separados, tanto en las composteras móviles como en las fijas, que brindan la posibilidad de tener un proceso de compostaje ininterrumpido, en el que se tendrán dos alternativas principales: 1. Se cuenta con dos compartimientos, donde una vez se llena uno de los compartimientos e inicia el proceso de bioxidación en su fase activa, queda habilitado el otro compartimiento para proseguir con el llenado, el cual se llevará a cabo durante el tiempo en que el primer compartimiento este con una pila de compost siendo procesada, y al llenarse el segundo compartimiento y encontrarse listo para empezar su fase activa, se tendrá la posibilidad de retirar el material del primer compartimiento y dejarlo disponible para seguir el proceso de llenado y bioxidación de forma ininterrumpida. 2. Se

- 5 tienen más de dos compartimientos que se van llenando y desocupando en diferentes momentos para asegurar que siempre haya al menos uno disponible para el llenado y procesamiento de los residuos orgánicos de manera continua, donde el número y tamaño de los compartimientos dependerá de la cantidad de material a compostar y del volumen de cada una de las pilas de compost, así como de los tiempos de llenado de cada compartimiento, y espacio locativo disponible.
- 10 • Se realizan verificaciones mediante órganos sensitivos (visual, olfato, tacto) y mediciones con instrumentos electrónicos (sensores de temperatura, humedad, pH) para garantizar que el compost esté debidamente estabilizado y madurado, y se procede a realizar el tamizaje o zarandeo del producto final con el objetivo de separar el material de tamaño superior de aquel con un tamaño que cumpla el
- 15 parámetro establecido de granulometría adecuada (1cm o menos), el cual será empacado o almacenado, y de ser posible se enviará una muestra a laboratorio para verificar sus propiedades como enmienda o abono orgánico y su adecuado nivel de maduración. Los materiales de mayor tamaño se ingresarán nuevamente al inicio del
- 20 proceso y servirán como estructurante, biofiltro y como acelerante del proceso biooxidativo.
- 25 • Por último, se realiza el análisis de los datos resultantes del proceso para determinar las oportunidades de mejoras operacionales con base a los resultados de los análisis de laboratorio y campo, así como del informe final y las recomendaciones generadas por el medio legible por computador que procesa datos de compostaje en su módulo de optimización.