

Revisión de técnicas para el uso de compostaje aerobio generado en hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja ¹

Review of techniques for the use of aerobic composting generated in Real hotels in the municipality of Barrancabermeja

Tatiana Liceth Alvarado Dávila ²
Jesús Alberto Martínez Caballero ³

Resumen

Barrancabermeja actualmente afronta una problemática ambiental derivada de la contaminación por el inadecuado manejo de los residuos sólidos, debido al volumen de generación y el poco aprovechamiento. El sector hotelero debe cumplir con normas como la NTS-TS 002 donde enmarca la Sostenibilidad Ambiental, la cual es de carácter restrictivo desde 2014 para obtener la legalidad en la prestación del servicio en todos los Establecimientos de Alojamiento y Hospedaje. Una forma efectiva para minimizar los impactos ambientales por los residuos sólidos orgánicos generados por los hoteles es mediante el uso de compost en sus diferentes técnicas de aplicación. La metodología contemplada es cualitativa - cuantitativa, y tiene como objetivo revisar las técnicas para el uso del compostaje aerobio generado en los hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja, a través de las diferentes actividades establecidas para su cumplimiento. Además de la aplicación de estas técnicas con el fin de identificar la efectividad de los resultados.

Se espera que la investigación permita a los hoteles Real identificar los posibles usos que se le darán al compostaje, con el fin de que puedan solucionar y dar cumplimiento a la problemática de la disposición de los residuos sólidos orgánicos en la empresa, asumiendo un compromiso ambiental.

Palabras claves

residuos orgánicos, hoteles, compostaje, sostenibilidad ambiental.

Abstract

Barrancabermeja currently faces an environmental problem stemming from pollution due to the inadequate management of solid waste, due to the volume of generation and the low utilization. The hotel sector must comply with standards such as NTS-TS 002, which frames environmental sustainability, which is of a restrictive nature since 2014 to obtain

¹ Proyecto de investigación denominado “Determinación de alternativas de solución para el uso del compostaje aerobio generado en los hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja. Fase 2”. Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico.

² Ingeniera ambiental y de saneamiento, especialista en gerencia ambiental, magister en gestión y auditorías ambientales; Instructora. Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico. Barrancabermeja, Santander. talvarado@sena.edu.co.

³ Ingeniero Ambiental y de saneamiento, Tecnólogo en Control Ambiental; Investigador. Servicio Nacional de Aprendizaje, Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico. Barrancabermeja, Santander. jeamartinez@sena.edu.co.

the legality in the provision of the service in all Accommodation and Lodging Establishments. An effective way to minimize the environmental impacts of the organic solid waste generated by hotels is through the use of compost in its different application techniques. The methodology contemplated is qualitative - quantitative, and aims to review the techniques for the use of aerobic composting generated in Real hotels in the municipality of Barrancabermeja, through the different activities established for its fulfilment. In addition to the application of these techniques in order to identify the effectiveness of the results.

The research is expected to allow Real hotels to identify the possible uses that will be given to composting, so that they can solve and comply with the problem of the disposal of organic solid waste in the company, assuming an environmental commitment

Keywords

organic waste, hotels, composting, environmental sustainability.



Introducción

La Guía Técnica Colombiana 53-7 (2006) define los residuos sólidos como cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega. Entre estos, se encuentran los residuos sólidos orgánicos, constituidos por materiales sólidos o semisólidos de origen animal, humano o vegetal que son susceptibles de aprovechamiento. Sin embargo, la carencia de conciencia ambiental y el insuficiente aprovechamiento que es aplicado a los residuos orgánicos, conlleva a graves daños al medio ambiente.

De acuerdo a Sepúlveda y Alvarado (2013), los efectos negativos y costos económicos que acarrearán los residuos orgánicos biodegradables, se hacen visibles por la generación de lixiviados, formación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el metano y dióxido de carbono, malos olores, contaminación de aguas y suelos y alto rechazo de comunidades a los rellenos sanitarios, por lo cual cada vez se hace más necesario y pertinente, prevenir estos daños e impactos con proyectos preventivos, como el aprovechamiento con sistemas de compostaje.

En Colombia, algunas ciudades y municipios afrontan problemáticas ambientales relacionadas con la contaminación por el manejo inadecuado de los residuos sólidos, como es el caso de Barrancabermeja, en donde el alto volumen de generación y el escaso aprovechamiento de los mismos, conllevan a problemas de sobrepresión en el relleno sanitario. Uno de los principales generadores de residuos sólidos corresponde al sector hotelero, el cual origina mayormente residuos sólidos orgánicos, producto de las actividades de cocina. Este sector es regido o reglamentado por la Norma Técnica Sectorial Colombiana de Turismo Sostenible NTS – TS 002, que especifica los requerimientos que deben cumplir los Establecimientos de Alojamiento y Hospedaje (EAH) para ser sostenibles ambientalmente. Por lo

anterior, es necesario la búsqueda de alternativas de aprovechamiento para los residuos, que permitan a los empresarios del sector hotelero cumplir a cabalidad con la normatividad ambiental vigente.

Una forma efectiva para minimizar los impactos ambientales por los residuos sólidos orgánicos generados por los hoteles es mediante el uso de compost en sus diferentes técnicas de aplicación

Marco teórico

a. Fundamento teórico

Un ejemplo de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos se evidencia en el proyecto desarrollado por Álzate y Rubio (2017), en el municipio de Falan (Tolima), donde la gran fuente de contaminación ha sido generada por la agricultura debido a las grandes cantidades de químicos que se aplican a sus cultivos para dar una mayor producción. En la vereda de Claras se cultiva café, aguacate, plátano, maíz, caña, yuca y algunos árboles frutales, en los cuales el uso excesivo de fertilizantes es exagerado, provocando así daños al medio ambiente y a la salud de las personas. El proyecto se realizó con el fin de elaborar un abono orgánico con los habitantes de la vereda de Claras, mediante el uso de los residuos orgánicos de cada una de las cocinas y algunos vegetales, para luego ser aplicado a sus cultivos, en el cual se obtuvieron grandes beneficios para el suelo, la producción y el medio ambiente.

Según Baquero (2019), por medio del análisis del aprovechamiento de los residuos orgánicos provenientes de los hogares en la ciudad de Bogotá se permite obtener datos para la generación de abono orgánico mediante la técnica de compostaje doméstico. En primera instancia, se efectuó una investigación de carácter teórico para explicar el término compostaje, sus principales factores, etapas, las metodologías para aplicarlo y finalmente los diversos beneficios que se pueden obtener al ponerlo en práctica. Posteriormente se realizó un estudio teórico práctico acerca de

los residuos orgánicos producto de un conjunto residencial. Se hizo una clasificación y cuantificación de estos para luego definir las propiedades de cada uno. Finalmente se planteó una propuesta de manejo para implementar dentro del conjunto residencial donde se explicaba la manera de comunicación a los residentes, los elementos a necesitar, el procedimiento de recolección y el proceso de aplicación.

b. Fundamento Conceptual

Alternativa de aprovechamiento: Compostaje

Entre las técnicas de aprovechamiento para los residuos sólidos orgánicos, se encuentra el compostaje, este tiene uno de los menores costos monetarios por tonelada de residuos (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015). El compostaje es un proceso biológico aeróbico o anaerobio, de degradación, con una matriz sólida y con auto calentamiento. La matriz consta de material orgánico, caracterizado por estiércol, residuos de animales, viruta de madera, residuos vegetales y residuos de comida, los cuales sirven como fuente para el crecimiento microbiano (GTC 53-7, 2006).

El proceso se divide en cuatro etapas, las cuales son fundamentales para la obtención del producto final; mesófila, termófila, enfriamiento y maduración (Sepúlveda y Alvarado, 2013).

- **Mesófila:** Al inicio del proceso, los residuos preparados, están a temperatura ambiente (menor de 40°C), por lo cual, los microorganismos llamados mesófilos se multiplican rápidamente, hay gran actividad metabólica. La temperatura comienza a ascender y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.
- **Termófila:** La temperatura es superior a 40° y sube hasta 60° o 65°C. Microorganismos, llamados termófilos, transforman el Nitrógeno (N) en Amoníaco (NH₃), por lo cual el pH se hace básico. A los 60° o 65°C, estos hongos termófilos

desaparecen y dan paso a las bacterias esporígenas y actinomicetos, que tienen capacidad para descomponer sustancias orgánicas como las ceras, las proteínas y hemicelulosas.

- **Enfriamiento:** La temperatura comienza a descender por debajo de 60°C, y reaparecen los hongos termófilos que reinvasen la parte superior del material orgánico y logran descomponer compuestos, como la celulosa. Al bajar de 40°C, los mesófilos también reinician su actividad y el pH del residuo, desciende ligeramente.
- **Maduración:** Requiere de 1 a 2 meses en promedio y se realiza exponiendo el compost a temperatura ambiente y protegido de la lluvia. Durante este período, se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del humus; desciende el consumo de oxígeno y la fitotoxicidad del compost debe estar controlada.

Parámetros de seguimiento al compostaje

Con el fin de conocer el estado en el que se encuentra el compostaje, con pruebas in situ son analizados tres parámetros; pH, humedad y temperatura. La FAO (2013) determina los niveles óptimos para cada uno de ellos, de la siguiente manera:

- **Humedad:** La humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular. La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es



demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

- **Temperatura:** La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente.
- **pH:** El pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro. El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. El rango ideal es de 5,8 a 7,2.

Según la FAO (2015), el objetivo de las técnicas de compostaje de material orgánico es medir y optimizar los parámetros del proceso para obtener un producto final de calidad, tanto desde una perspectiva sanitaria y de fertilización. Factores clave para elegir la técnica como tiempo de proceso, requisitos de espacio, requisitos de seguridad higiénica, material parental (ausencia o presencia de material de origen animal) y condiciones climáticas (temperaturas por debajo de cero, fuertes vientos, lluvias torrenciales u otros fenómenos climáticos críticos). Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y abiertos. Las diferentes técnicas se dividen generalmente en sistemas cerrados y sistemas abiertos. Los sistemas abiertos son aquellos que se hacen al aire libre, y los cerrados los que se hacen en recipientes herméticos o bajo techo. Para el uso de estos sistemas hay diferentes formas de realizar o ejecutar el proceso de compostaje, según sea el mecanismo de trabajo como se relaciona a continuación:

- **Pilas con aireación por volteo manual.** Este proceso o procedimiento se realiza con herramientas manuales como palas o azadones, por un operario frecuentemente. Es realizado en lugares donde se genera poca cantidad de residuos sólidos. Se realiza volteo 2 o 3 veces por semana.
- **Pilas con aireación forzada y convectiva.** Proceso en el que se proporciona aire a través de canales contruidos en el suelo para así mantener los niveles óptimos de oxígeno. No requiere volteos.
- **Pilas con aireación convectiva/pasiva.** Diseño e instalación de redes de tubería suficientes para lograr aireación convectiva en toda la masa de residuos. Requiere de alta experiencia operacional.
- **Pilas con aireación por volteo mecanizado.** Sistema de pilas con volteo mecanizado, utilizando bien sea volteador lateral de tornillo adaptado a tractor, o una pala frontal: en el primer sistema mecanizado la altura de la pila varia con la altura del volteador lateral de tornillo, mientras en el segundo, las pilas pueden alcanzar una altura de tres metros. A nivel familiar, esto no es realista, y la altura alcanzada deseable es de 1,5 metros para facilitar la tarea de volteo.

Para que estas técnicas funcionen adecuadamente se deben realizar los volteos frecuentemente cada 2 o 3 días. Adicional se le puede aplicar microorganismos eficientes, los cuales agilizan y generan un compost de mejor calidad. Estos microorganismos eficientes tienen diferentes formas de preparación.

- **Microorganismo eficiente a base de arroz.** Para la preparación de este acelerador de compost se requiere cocinar arroz la cantidad requerida en agua cruda, luego son depositados en vasos transparentes o recipientes que soporten altos porcentajes de humedad; estos son tapados con una tela o malla protectora que evita la entrada de animales; son llevados hasta el pie de un árbol y enterrados en el suelo hasta la mitad de la base

del vaso o recipiente, se deben dejar en un tiempo aproximado de 10 a 12 días. Alternadamente se prepara una mezcla de levadura, yogurt y melaza, que son licuados y puestos en reposo por el tiempo de 10 a 12 días. Al cabo del cumplirse el tiempo de formación de microorganismos se llevan al laboratorio y se realiza licuado de los microorganismos recolectados de los vasos con la mezcla en reposo de levadura, yogurt y melaza, adicionalmente se le agrega más melaza y se le aplica 2 litros de agua cruda. La mezcla final se deposita en un recipiente grande, es tapada con una malla y se deja reposar por 8 días más para que la mezcla se fermente. Después de este tiempo está lista para ser aplicada al compostaje que se esté elaborando

- **Microorganismos a base de estiércol fresco.** Para la preparación de este microorganismo solo requiere de estiércol fresco que aún no se haya endurecido y agua cruda. Se realiza la mezcla en un recipiente grande cerrado. Las proporciones de los materiales será de 80% agua cruda y 2% estiércol fresco. Esta mezcla será dejada en reposo por un tiempo de 20 a 30 días y se revolverá frecuentemente con el fin de que el estiércol no se quede sedimentado en el fondo del recipiente. Pasado este tiempo la mezcla estará lista para ser aplicada al compostaje.

Metodología

La metodología contemplada es cualitativa - cuantitativa, y tiene como objetivo revisar las técnicas para el uso de compostaje aerobio generado en los hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja, a través de las diferentes actividades establecidas para su cumplimiento.

Los hoteles Recreo Real y Colombia Real, generan diariamente residuos sólidos orgánicos mediante las actividades de cocina. Estos son trasladados hasta el prototipo de planta de compostaje, donde por medio del pesaje en báscula, se determina la cantidad que se aplica a cada una de las pilas estructuradas con el material, con el fin de

establecer la comparación de la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan en los hoteles y el aprovechamiento del material orgánico transformado en compost.

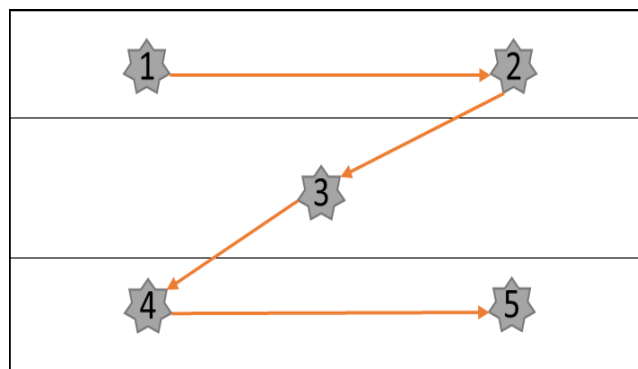
Para este proyecto se utilizó el sistema cerrado porque es realizado bajo techo y se utiliza por medio de pilas de volteo manual y se aplicó el compostaje por diferentes formas o técnicas.

Una vez los residuos son pesados, el compostaje es preparado y monitoreado por medio de las siguientes actividades:

- **Picado de los residuos orgánicos:** Los residuos son cortados en partes pequeñas con el fin de acelerar la degradación de los mismos. Para esta actividad, se utilizan herramientas como palas, machetes y tijeras.
- **Disposición de los residuos orgánicos en la pila de compostaje:** Los residuos picados son aplicados en la pila de compostaje con los demás materiales utilizados, como tamiz de arroz, estiércol vacuno, ceniza y microorganismos eficientes. Los materiales varían con dependencia del tipo de compostaje que se prepara.
- **Aireación:** Se realiza volteo a las pilas cada dos o tres días para oxigenar el proceso de compostaje y permitir que se desarrolle en condiciones óptimas. Se utilizan palas para realizar la actividad.
- **Toma de parámetros:** Se toman los parámetros in situ de humedad, temperatura y pH, necesarios para verificar el comportamiento del compostaje y determinar las etapas en las que se encuentra el proceso. El seguimiento se realiza dos veces por semana y se toman parámetros dos veces el mismo día, una previo al volteo y la siguiente después de realizarse. Para la actividad se seleccionan cinco puntos dentro de la pila. Las herramientas corresponden al pHmetro y termómetro. El patrón para la toma de parámetros es el siguiente:



Figura 1. Patrón de medición de parámetros



Fuente: Elaboración propia (2017).

En la figura 1 se evidencia el patrón para la toma de los parámetros. Se calcula el promedio de los cinco puntos con el fin de obtener resultados confiables.

- **Tamizado:** Cuando los parámetros del compostaje se establecen entre los niveles recomendados por la NTC 5167 de 2011, el material es tamizado y se obtiene el producto orgánico, el cual es pesado para conocer la cantidad resultante del proceso. Se toma una muestra del compost en una bolsa sellada adecuadamente para ser enviada al laboratorio, donde se analizarán los parámetros fisicoquímicos y conocer si se enmarcan en lo establecido en la norma técnica colombiana.

Figura 2. Interior de la planta de compostaje



Fuente: Elaboración propia (2019).

Como se evidencia en la figura 2, la planta de compostaje tiene la capacidad para preparar tres compostajes simultáneamente, debido a que cuenta con tres pilas, ubicadas una al lado de la otra.

Resultados

Con el objetivo de determinar la relación entre la cantidad de residuos orgánicos generados en los hoteles Real y la cantidad de compost producido, se realizó el pesaje del material orgánico trasladado hasta la planta de compostaje. Los resultados obtenidos se reflejan mediante la tabla 1.

Tabla 1.

Cantidad de residuos orgánicos generados en los hoteles Real.

FECHA	CANTIDAD (KG)	TOTAL	APLICACIÓN A COMPOSTAJE
13/05/2019	39,3	105,6	Compostaje B
14/05/2019	33,2		
15/05/2019	33,1		
16/05/2019	33	66	Compostaje C
17/05/2019	33		
23/05/2019	26		
24/05/2019	33	59	Compostaje D
26/06/2019	41,5		
27/06/2019	29,5		
28/06/2019	26	155	Compostaje E
02/07/2019	10,5		
03/07/2019	15		
04/07/2019	14		
05/07/2019	18,5		

Fuente: Elaboración propia (2019).

Según la tabla anterior, y de acuerdo al pesaje realizado se realiza un promedio de generación diario de residuos orgánicos en los hoteles Real que

corresponde a 27,55 kilogramos y la totalidad de los residuos producidos que se tuvieron en cuenta para los compostajes son 385,6 kilogramos. La cantidad de residuos generados varía con relación a la afluencia de huéspedes en los establecimientos.

Los residuos orgánicos se utilizaron para la elaboración de cuatro compostajes; compostaje B, compostaje C, compostaje D y compostaje E, nombrados de esta manera con el fin de permitir la

Tabla 2.

Materiales utilizados para compostaje B, C, D y E

ITEM	COMPOSTAJE			
	B	C	D	E
Fecha de inicio	13/05/2019	16/05/2019	23/05/2019	26/06/2019
Fecha de finalización	25/06/2019	25/06/2019	12/07/2019	20/08/2019
Residuos orgánicos (Kg)	105,6	66	59	155
Tamiz de arroz (Kg)	54	26	34	0
Estiércol de bovino (Kg)	0	0	63,5	0
Ceniza (Kg)	0	0	3,8	0
Hojasca (Kg)	0	0	0	11,8
Pasto (Kg)	0	0	0	3,45
Microorganismo (Lt)	3	3	5	13

Fuente: *Elaboración propia (2019).*

distinción. A continuación, en la tabla 2 se evidencia los materiales utilizados:

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo el uso de diferentes formas o técnicas de aplicación para el compostaje en donde se componía

principalmente de residuos orgánicos y tamo de arroz. Se realizaron cuatro compostajes los cuales fueron nombrados como B, C, D y E. El procedimiento para la ejecución de estas técnicas fueron las siguientes:

- **Compostaje B.** Se empezó a hacer la pila el día 13 de mayo y se finalizó el 15 de mayo de 2019. Compostaje realizado con 105,6 kilogramos de residuos orgánicos y 54 kg de tamo de arroz. Además, se agregaron 3 litros de microorganismos eficientes a base de arroz, los cuales fueron preparados con anterioridad. Los residuos se aplicaron en tres capas, así como el tamo de arroz. Los microorganismos solo se aplicaron en la capa superficial.
- **Compostaje C.** Se empezó a hacer la pila el día 16 de mayo y se finalizó el 17 de mayo de 2019. Compostaje realizado con 66 kilogramos de residuos orgánicos y 26 kg de tamo de arroz. Además, se agregaron 3 litros de microorganismos eficientes a base de arroz. Cuenta con dos capas y los microorganismos se aplicaron en ambas capas.
- **Compostaje D.** Se empezó a hacer la pila el día 23 de mayo y se finalizó el 24 de mayo de 2019. Compostaje realizado con 59 kilogramos de residuos orgánicos, 34 kg de tamo de arroz, 3,8 kg de ceniza y 63,5 kg de estiércol bovino seco. Además, se agregaron 5 litros de microorganismos eficientes a base de estiércol fresco. Cuenta con dos capas. Los microorganismos se aplicaron en ambas capas.
- **Compostaje E.** Se empezó a hacer la pila el día 26 de mayo y se finalizó el 05 de julio de 2019. Compostaje realizado con 155 kilogramos de residuos orgánicos, 11,8 kg de hojarasca y 3,45 kg de pasto. Además, se agregaron 13 litros de microorganismos eficientes a base de arroz. Cuenta con 7 capas. Los microorganismos se aplicaron en cada una de las capas. Las capas se realizaron de la siguiente manera, primero



se colocaba una cama de hojarasca, seguido de una mezcla de residuos orgánicos y pasto fresco cortado en 10 cm de tamaño, a esto se le aplicaba los microorganismos eficientes y se cubría con una capa final de hojarasca, la cual ayuda a disminuir la humedad. Este mismo proceso se repite en cada una de las capas.

Como resultado de la aplicación de estas técnicas de elaboración de compost se obtuvieron los siguientes resultados. En la tabla 3 se muestra el análisis de los resultados del proceso en cada una de las pilas.

Tabla 3.
Análisis de la cantidad de compost B, C, D y E generado

Compostaje	Compost obtenido (kg)
B	19
C	15
D	19
E	21,25

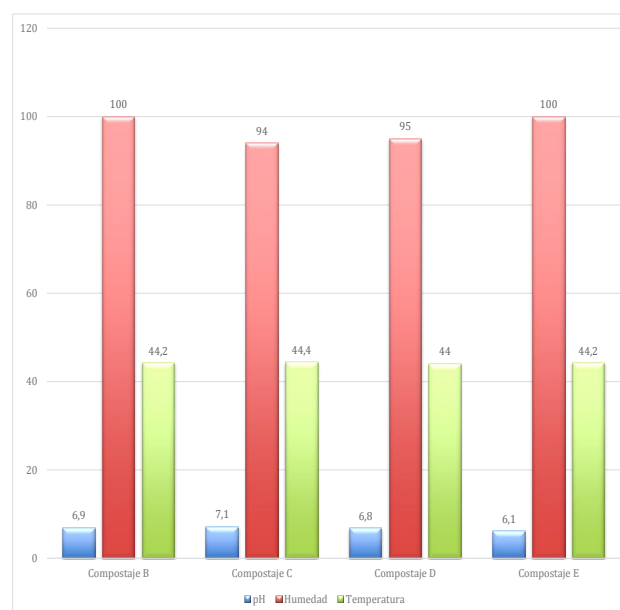
Fuente: Elaboración propia (2019).

La preparación de los compostajes se ejecutó mediante el uso de los materiales expuestos en la tabla 2 y haciendo uso de la metodología presentada. En los compostajes B y C se utilizaron los mismos materiales, con excepción de la cantidad. Por otro lado, para la elaboración del compostaje D se requirió de ceniza y estiércol de bovino. El compostaje se aplicó una nueva metodología con la intención de conocer qué resultados se podrían obtener, siendo positivos.

La duración de los compostajes tiene relación directa con los materiales utilizados y así mismo con las cantidades dispuestas en las pilas. Además, el uso de microorganismos eficientes preparados en laboratorio contribuye a la rápida degradación de los residuos orgánicos, lo cual se ve demostrado en el corto tiempo en el que se desarrollan los procesos.

El volteo y toma de parámetros se ejecutó dos veces por semana en cada una de las pilas, lo cual permitió monitorear las etapas en las que se encontraba el proceso.

Figura 3. *Primera medición de parámetros*

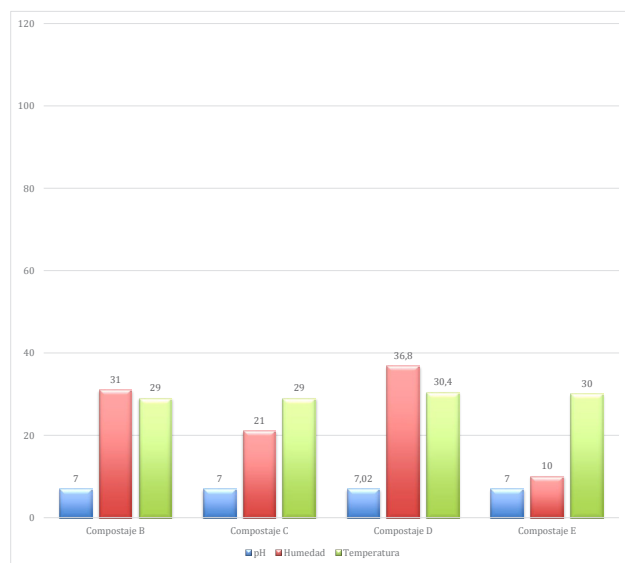


Fuente: Elaboración propia (2019).

De acuerdo a lo evidenciado en la figura 3, durante la primera medición, los parámetros presentaron resultados altos comparados con la norma, puesto que se encontraba en la primera fase. El pH arrojó resultado casi neutro, la temperatura muy alta y la humedad al 100%.

Al haber el compostaje cumplido su etapa de enfriamiento que es una de las ultimas, los parámetros de temperatura, pH y humedad, en comparación con lo establecido en la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2011, se determinó que los compostajes B, C, D y E se encontraron listos para ser tamizados con el fin de obtener el producto final, disponerlo en su etapa de maduración y tomar las muestras para ser enviadas al laboratorio. Se tomaron muestras de 1 kilogramo. En la siguiente figura se ilustra el nivel de los parámetros en la última medición llevada a cabo, la cual se ejecutó posterior al volteo a las pilas.

Figura 4. Última medición de parámetros
Fuente. Propia (2019)



Fuente: Elaboración propia (2019).

De acuerdo a lo evidenciado en la figura 4, el pH es neutro, la temperatura se asemeja a la temperatura ambiente de Barrancabermeja y la humedad es baja en los tres compostajes, por lo cual se determinó tamizar y obtener el compost.

Conclusiones y/o Discusiones

Se identificó la cantidad de compost producido en relación a la cantidad de residuos orgánicos utilizados en el proceso. El compostaje B tuvo menor producción de compost comparado con la gran cantidad de residuos que se depositaron y con la cantidad de abono resultante en el compostaje C, en el cual se usaron menos residuos.

Los procesos contaron con una duración de menos de dos meses para su enfriamiento y maduración, lo que evidencia la optimización que brinda el uso de los microorganismos eficientes, los cuales contribuyen a la rápida degradación de los residuos orgánicos.

El proceso de compostaje D contó con una duración de menos de dos meses para entrar en la etapa de maduración, lo que evidencia la optimización que brinda el uso de los microorganismos eficientes, los cuales contribuyen a la rápida degradación de los residuos orgánicos.

La técnica manual de elaboración de compost presentada es una forma sencilla, sanitaria y barata de resolver el problema de los residuos orgánicos, además se puede obtener un producto que pueda dar beneficio a los que necesitan un suelo sano y fértil.

La elaboración manual de compost constituye una tecnología apropiada para países en vías de desarrollo, donde la mano de obra es relativamente barata y la tecnología sofisticada es costosa y, en muchos casos, difícil de manejar.

Agradecimientos

Se agradece a los dueños y administradores de hoteles Real ubicados en el barrio Recreo y Colombia en el municipio de Barrancabermeja, por el préstamo de las instalaciones suburbanas de la cual son propietarios, para el uso y ejecución de la investigación. A Sennova por aportar la financiación del presupuesto necesario para la ejecución y al equipo de trabajo por el apoyo administrativo y operativo.

Bibliografía

- Alzate E., Rubio Y. (2017). Proyecto aplicado aprovechamiento de los residuos orgánicos en la vereda de Claras – Falan Tolima. Colombia. 100 p.
- Baquero B. (2019). Aprovechamiento de residuos orgánicos residenciales para la generación de abono en Bogotá. Colombia. 53 p.
- Chile. FAO. (2015). Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en Latinoamérica. Santiago de Chile.



- Colombia. Área metropolitana del Valle de Aburrá. (2013) Manual de compostaje. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. Medellín.
- Colombia, Departamento Nacional de Planeación. (2016). Documento CONPES 3874 Política nacional para la gestión integral de los residuos sólidos. Bogotá D.C
- ICONTEC (2006). Norma técnica sectorial colombiana NTS-TS 002 Establecimientos de alojamiento y hospedaje, requisitos de sostenibilidad. Colombia. 25 p.
- ICONTEC. (2006). Guía Técnica Colombiana 53-7 para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos. Colombia.
- Martínez J., Montes J. (2019). Informe técnico comportamiento del compostaje. Servicio Nacional de Aprendizaje- Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico.
- UAESP (2016). Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura. Colombia. 85 p.