



# Evaluación de técnica para reducción de residuos orgánicos a compost de hoteles Real en Barrancabermeja

Evaluation of technique for reducing organic waste to  
compost of Real hotels at Barrancabermeja

## **Tatiana Liceth Alvarado Dávila**

talvarado@sena.edu.co, Semillero de investigación Agropecuaria, ambiental y biotecnología, Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

## **Jesús Alberto Martínez Caballero**

jeamartinez@sena.edu.co, GIACIDT Grupo de Investigación Aplicada del Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico Barrancabermeja, Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico, Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia

## Resumen

La investigación que se presenta a continuación permite complementar fases anteriores de estudios realizados con recurso Sennova sobre el análisis de diferentes métodos de la técnica de volteo manual para compostaje aerobio en los hoteles Real del distrito de Barrancabermeja; todo esto, debido a la inadecuada disposición de los residuos sólidos en su mayoría orgánicos que son depositados en el relleno sanitario del distrito y donde actualmente se observa problemas de ubicación por encontrarse en un área catalogada como reserva natural, además de estar en cercanía de la ciénaga San Silvestre la cual surte a la población ribereña del vital líquido. Por lo anterior, se hace necesario implementar métodos de aprovechamiento para la transformación de los residuos orgánicos vegetales generados en el sector hotelero por medio de la técnica de volteo manual de compostaje para producir abonos orgánicos que minimicen el impacto ambiental que se ocasiona actualmente en el sitio de disposición final. Este estudio pretende evaluar la efectividad de reducción de los residuos orgánicos a compost generado en los hoteles Real, con el fin de establecer si es realmente viable y su porcentaje de transformación comparado frente a los otros métodos de compostaje por medio de la técnica de volteo manual. Se estima que, al hacer uso de este tipo de aprovechamiento y la técnica implementada, se pueda reducir los impactos al medio ambiente y mejoramiento de la calidad de vida.

**Palabras clave:** Medio ambiente, aprovechamiento, compost, compostaje, método, transformación

## Abstract

The research presented below allows to complement previous phases of studies carried out with Sennova resource on the analysis of different methods of the manual turning technique for aerobic composting in the Real hotels of the district of Barrancabermeja; all this, due to the inadequate disposal of the mostly organic solid waste that is deposited in the landfill of the district and where currently there are problems of location because it is in an area classified as a nature reserve, in addition to being close to the San Silvestre swamp which provides the coastal population with vital liquid. Therefore, it is necessary to implement recovery methods for the transformation of organic plant waste generated in the hotel sector by means of the manual composting turnaround technique to produce organic fertilizers that minimize the environmental impact currently occurring at the final disposal site. This study aims to evaluate the effectiveness of reducing organic waste to compost generated in Real hotels, in order to establish whether it is really feasible and its percentage of transformation compared to the other composting methods by means of the manual tipping technique. It is estimated that, by making use of this type of use and the technique implemented, it can reduce impacts on the environment and improve the quality of life.

**Keywords:** Environment, use, compost, composting, method, transformation

## Introducción

El sector hotelero en el distrito de Barrancabermeja enfrenta retos en la prestación de sus servicios de calidad donde se involucra la importancia de la protección del medio ambiente

a partir de las actividades que se realizan. En años anteriores los hoteles Colombia y Recreo Real en alianza con el Centro Industrial y del Desarrollo Tecnológico del Servicio Nacional de Aprendizaje regional Santander, en obligación al cumplimiento de los requisitos ambientales, presentó en una primera fase el proyecto denominado “Prototipo de planta de compostaje a partir del análisis de diferentes técnicas que mitiguen los impactos ambientales de la empresa Hoteles Real en el Municipio de Barrancabermeja, Santander” (Alvarado, 2017); de acuerdo a la necesidad que se materializó en el desarrollo del proyecto de innovación, que abordó la gestión integral de los residuos sólidos orgánicos generados en los hoteles. Así mismo, en una segunda fase se desarrolló un análisis de la composición fisicoquímica del compost y de acuerdo a los resultados establecidos en la Norma Técnica Colombiana NTC 5167 de 2011, proponer los usos del producto orgánico, con el fin de que sean implementados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelos erosionados por situaciones naturales o antrópicas (Alvarado, 2019), todos estos financiados con recurso Sennova. Con los proyectos anteriormente mencionados, se ha tenido la oportunidad de analizar los impactos ambientales que especialmente generan estos sectores con la temática de los residuos sólidos orgánicos representando el 60%, los cuales no están siendo aprovechados según lo establecido en la normatividad legal vigente, la guía técnica colombiana para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos “Gtc 53-7”. Con el análisis realizado hasta el momento con el prototipo de planta de compostaje en los Hoteles Real, se establece que el tipo de aprovechamiento posiblemente de mayor utilidad para identificar un tratamiento de este tipo de residuos es el compostaje aerobio, a partir del uso de microorganismos eficientes nativos con un tiempo de degradación de 32 días aproximado y un lapso de maduración de 20 a 30 días.

Según el Manual para el compostaje individual cita el siguiente texto: “La basura diaria que se genera contiene un 33% de materia orgánica que puede ser reciclada y devuelta a la tierra en forma de compost para plantas y cultivos, contribuyendo a la reducción de los desechos que se llevan a los vertederos o plantas de valorización. El compostaje reduce el volumen de la materia orgánica en un 80%, es decir, por cada 100 kg de materia orgánica introducida en el compostador, se obtienen entre 20-25 kg de compost.”

Teniendo en cuenta lo expresado en el Manual para el Compostaje Individual se puede deducir por medio de la siguiente fórmula el porcentaje al cual se reduce la materia orgánica:

- • Para conocer la efectividad y la reducción de los residuos orgánicos a compost

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(\text{Cantidad de compost obtenido})}{(\text{Cantidad de residuos orgánicos agregado})} \times 100$$

Según lo anterior, se puede decir que el porcentaje de reducción está alrededor del 20%. Por esto, se hace importante identificar y evaluar la efectividad del compost producido con los residuos orgánicos generados en los hoteles Real, con el fin de establecer si es realmente viable y su porcentaje de transformación comparado frente a los otros métodos de compostaje por medio de la técnica de volteo manual, estudio que permitirá a futuro generar la creación y/o alianzas con empresas consolidadas actualmente en el mercado, que aporten al desarrollo sostenible de la ciudad.

## Materiales y métodos

Se seleccionó el compostaje aerobio como el tipo de aprovechamiento más viable para el tratamiento de los residuos orgánicos. Este tiene uno de los menores costos monetarios por tonelada de residuos (Banco Interamericano de Desarrollo, 2015). 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). La técnica utilizada para hacer uso de este tipo de aprovechamiento es la de volteo manual

Una vez seleccionada la técnica, se determina una metodología cualitativa – cuantitativa, que tiene como objetivo describir el procedimiento para la realización del compostaje aerobio generado en los hoteles Real en el distrito de Barrancabermeja, a través de las diferentes actividades establecidas para su cumplimiento. Los hoteles participantes en el desarrollo del proyecto son el Recreo Real y Colombia Real, pertenecientes a la cadena Hoteles Real de Barrancabermeja. Los propietarios comprometidos e interesados con mejorar la sostenibilidad ambiental de su organización, dispusieron de los mismos para llevar a cabo el estudio. Además, se realizó la construcción de la planta de compostaje donde se da aprovechamiento a los residuos. En las Figuras 1 y 2 se presentan el interior y exterior de la planta de compostaje, ubicada en la zona suburbana de Barrancabermeja.

**Figura 1.** Interior de la planta de compostaje (Elaboración propia)



**Figura 2.** Exterior de la planta de compostaje (Elaboración propia)



La planta tiene la capacidad para realizar tres compostajes simultáneamente, debido a que está construida con tres pilas.

La unidad de medida utilizada para el aforo fue tomada del sistema internacional de unidades, obteniendo resultados en kilogramos. El aforo se realizó con una báscula digital que soporta hasta 250 kilogramos.

Para los hoteles el procedimiento fue el siguiente: Los residuos orgánicos se pesaban al ingreso al prototipo de planta de compostaje para luego ser picados y agregados a las pilas para su debido proceso de compostaje. Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del compost en estos procedimientos, se realizó una evaluación de la efectividad, haciendo uso de unas ecuaciones, las cuales arrojaron el porcentaje de reducción

## Resultados y discusión

Análisis sobre transformación y reducción de los residuos orgánicos. Se realizó un análisis comparativo de la cantidad de residuos sólidos orgánicos que pueden ser transformados y reducidos a compost, por medio del sistema de aprovechamiento de compostaje y por la técnica de volteo.

Para la investigación se realizaron diferentes métodos de transformación ejecutando la técnica de volteo manual, en las tres pilas con las que cuenta el diseño estructural. Para cada uno de los casos, fue asignado un nombre a cada proceso de compostaje, con el fin de poder identificarlo y llevar un control de parámetros.

Tabla 1. Cantidad de residuos orgánicos generados en los hoteles Real.

Compost	Fecha	Cantidad (kg)	Total (Kg)
B	13/05/2019	39,3	105,6
	14/05/2019	33,2	
	15/05/2019	33,1	
C	16/05/2019	33	66
	17/05/2019	33	
D	23/05/2019	26	59
	24/05/2019	33	
E	25/06/2019	14,5	155
	26/06/2019	27	
	27/06/2019	29,5	
	28/06/2019	26	
	02/07/2019	10,5	
	03/07/2019	15	
	04/07/2019	14	
F	05/07/2019	18,5	135
	03/07/2019	15	
	04/07/2019	14	
	05/07/2019	18,5	
	08/07/2019	28	
	09/07/2019	13	
	10/07/2019	31	
	11/07/2019	35,5	
12/07/2019	27,5		

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 1, de acuerdo al aforo realizado, se calcula el promedio de generación diario de residuos orgánicos en los hoteles Real, siendo este de 26,03 kg. Los residuos orgánicos se utilizaron para la elaboración de cinco compostajes; compostaje B, compostaje C, compostaje D, compostaje E y compostaje F, nombrados de esta manera con el fin de permitir su distinción. La totalidad de los residuos producidos que se tuvieron en cuenta para los compostajes es de 520,6 kg, haciendo uso de 105,6 kg para el compostaje denominado B, 66 kg en el C, 59 kg en el D, 155 kg en el E y finalmente 135 kg en el último compostaje, el cual corresponde al F.

Luego de haber ejecutado los diferentes métodos de compostaje con la técnica de volteo manual, se obtuvo los siguientes resultados de compost:

Tabla 2. Análisis de la cantidad de compost B, C, D, E y F producido

COMPOSTAJE	COMPOST OBTENIDO (KG)
B	19
C	15
D	19
E	21,25
F	24,75

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados del proceso de compostaje y la cantidad de compost obtenido, se realizará la aplicación de las fórmulas de transformación y reducción de los residuos orgánicos, con el fin de tener un promedio sobre el cual sería el porcentaje de efectividad.

• Compost B

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(19 \text{ kg})}{(105,6 \text{ kg})} \times 100 = 17,99 \% \approx 18 \%$$

Figura 3. Análisis de reducción de residuos orgánicos a compost B (Elaboración Propia)



Según la figura 3, muestra la cantidad inicial de residuos orgánicos que fueron transformados equivalente a 105,6 (kg), los cuales mediante proceso de compostaje se redujeron a 19 (kg) de compost, representando un 18% de efectividad de reducción.

• Compost C

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(15 \text{ kg})}{(66 \text{ kg})} \times 100 = 22,72 \%$$

Figura 4. Análisis de reducción de residuos orgánicos a compost C (Elaboración Propia)

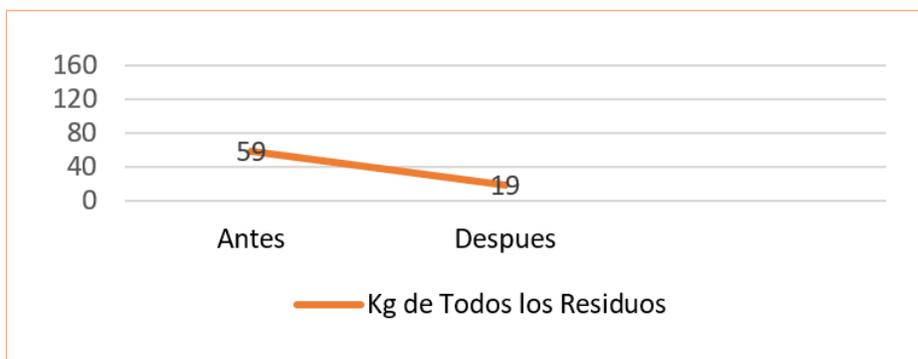


Según la figura 4, muestra la cantidad inicial de residuos orgánicos que fueron transformados equivalente a 66 (kg), los cuales mediante proceso de compostaje se redujeron a 15 (kg) de compost, representando un 22,72% de efectividad de reducción.

• Compost D

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(19 \text{ kg})}{(59 \text{ kg})} \times 100 = 32,2 \%$$

Figura 5. Análisis de reducción de residuos orgánicos a compost D (Elaboración Propia)



Según la figura 5, muestra la cantidad inicial de residuos orgánicos que fueron transformados equivalente a 59 (kg), los cuales mediante proceso de compostaje se redujeron a 19 (kg) de compost, representando un 32,2% de efectividad de reducción.

• Compost E

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(21,25 \text{ kg})}{(155 \text{ kg})} \times 100 = 13,7 \%$$

Figura 6. Análisis de reducción de residuos orgánicos a compost E (Elaboración Propia)



Según la figura 6, muestra la cantidad inicial de residuos orgánicos que fueron transformados equivalente a 155 (kg), los cuales mediante proceso de compostaje se redujeron a 21,25 (kg) de compost, representando un 13,7% de efectividad de reducción.

- Compost F

$$\text{Porcentaje (\%)} \text{ de reducción} = \frac{(24,75 \text{ kg})}{(135 \text{ kg})} \times 100 = 18,33 \%$$

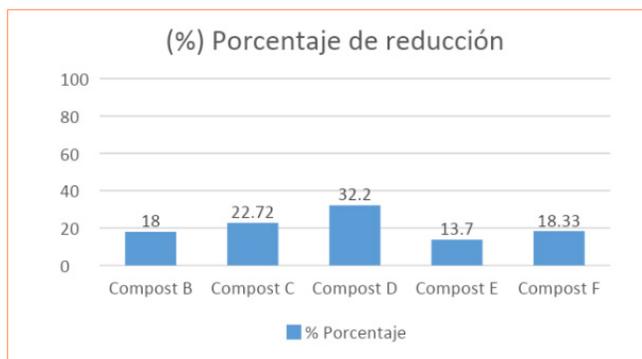
Figura 7. Análisis de reducción de residuos orgánicos a compost F (Elaboración Propia)



Según la figura 7, muestra la cantidad inicial de residuos orgánicos que fueron transformados equivalente a 135 (kg), los cuales mediante proceso de compostaje se redujeron a 24,75 (kg) de compost, representando un 18,33% de efectividad de reducción.

Según los resultados luego de aplicar la fórmula para evaluar la efectividad del proceso de transformación y reducción de los residuos orgánicos en compost, se obtiene que todos se encuentran en un rango cercano al 20% como lo estipula el “Manual para el compostaje individual”.

Figura 8. Análisis del porcentaje de reducción de cada uno de los compost (Elaboración propia)



Como lo describe la figura 8, todos los compost oscilan alrededor del 20%, excepto el compost D, el cual arrojó un valor del 32,2%, debido al método de elaboración, donde se agregó adicional estiércol bovino, generando un aumento en la cantidad del producto final. Estos análisis fueron realizados, teniendo como base la información obtenida del “Manual para el compostaje individual” y los resultados de la investigación del proyecto de innovación desarrollado en los hoteles Real de Barrancabermeja con recursos Sennova. Validación de los métodos de aprovechamiento de residuos orgánicos. Para el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en los hoteles, el cual fue llevado a cabo en el prototipo de planta de compostaje de desechos orgánicos, fue utilizada la técnica de volteo manual. Para el compostaje fue usada la misma técnica, pero haciendo uso de diferentes métodos o procedimientos para su respectiva elaboración de los cuales algunos fueron de tipo experimental, siendo de esta forma analizados en el laboratorio certificado de la Universidad Industrial de Santander, arrojando los siguientes resultados:

Tabla 3. Resultados de laboratorio compost C, D y E.

Parámetros NTC 5167 de 2011		Resultados de Laboratorio					
Abonos o Fertilizantes		Compostaje C		Compostaje D		Compostaje E	
		Base Humedad	Base Seca	Base Humedad	Base Seca	Base Humedad	Base Seca
Cenizas	Máx 60%	46,01% P/P	61,17% P/P	44,14% P/P	61,35% P/P	19,42% P/P	22,52% P/P
Humedad	Máx 30%	24,77% P/P		28,05% P/P		13,74% P/P	
Nitrógeno	Mayor 1%	1,68% P/P	2,23% P/P	1,29% P/P	1,79% P/P	2,14% P/P	2,48% P/P
Carbono Orgánico Total	Mín 15%	24,92% P/P		26,19% P/P		34,18% P/P	
Fósforo (P205)	Mayor 1%	8,68% P/P		13,72% P/P		9,14% P/P	
Potasio (K20)	Mayor 1%	4937,26 mg/kg		9808,07 mg/kg		22893 mg/kg	
pH	Mín 4 Máx 9	7,02 a 25,2 ºC		7,98 a 25,2 ºC		3,94 a 26,4 ºC	
Zinc	N.A	105,84 mg/kg		102,41 mg/kg		50,63 mg/kg	
Sodio	N.A	181,55 mg/kg		1331,42 mg/kg		648,87 mg/kg	
Calcio	N.A	7880,83 mg/kg		18549,30 mg/kg		30874,30 mg/kg	
Magnesio	N.A	1460,85 mg/kg		2344,35 mg/kg		2725,55 mg/kg	
Conductividad	N.A	8,69 a 25,2 ºC mS/cm		12,13 a 25,2 ºC mS/cm		13,84 a 26,4 ºC mS/cm	
C/N	N.A	11,18 % P/P		14,63% P/P		13,78% P/P	
Arsénico	Máx 41 mg/kg ppm	<0,3 mg/kg		<0,3 mg/kg		<0,3 mg/kg	
Cadmio	Máx 39 mg/kg ppm	<5 mg/kg		<5 mg/kg		<5 mg/kg	

Cromo	Máx 1200 mg/kg ppm	<10 mg/kg	<10 mg/kg	15,93 mg/kg
Mercurio	Máx 17 mg/kg ppm	<0,15 mg/kg	<0,15 mg/kg	<0,15 mg/kg
Níquel	Máx 420 mg/kg ppm	<2 mg/kg	3,71 mg/kg	16,19 mg/kg
Plomo	Máx 300 mg/kg ppm	<2 mg/kg	<2 mg/kg	<2 mg/kg

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3, se evidencia los resultados de laboratorio para los compost C, D y E, en donde se analizaron las diferentes variables como cenizas, humedad, mercurio, entre otras. Por lo anterior, se hace la comparación de resultados a partir de los parámetros recomendados por la Norma Técnica Colombiana 5167 de 2011. De los cinco (05) procesos de compostaje realizados, solo se pudo analizar en laboratorio certificado los denominados con las letras C, D y E debido a temas presupuestales.

## Conclusiones

Se ha logrado dar aprovechamiento mediante la técnica de compostaje a 520,6 kg de residuos sólidos orgánicos.

Se hizo uso del tipo de aprovechamiento compostaje y la aplicación de la técnica de volteo manual, además la utilidad de diferentes métodos aplicados con el fin de obtener resultados experimentales.

El tiempo para la obtención del producto orgánico ha sido de 32 a 45 días, incluyendo la etapa de maduración.

Según los resultados arrojados, se puede concluir que los compost analizados se encuentran dentro del rango de los resultados conforme a la norma, siendo positivo el alcance esperado frente a los procesos experimentales en cada uno de los métodos o procedimientos para la técnica de volteo manual.

Esta práctica contribuye de gran manera a la sostenibilidad ambiental de los hoteles, la cual se rige mediante la NTS-TS-002.

Actualmente, en la ciudad de Barrancabermeja, hoteles Real es pionero en el aprovechamiento de sus residuos orgánicos y el único sector económico que cuenta con un prototipo de planta de compostaje.

## Agradecimientos

Se agradece a los administradores de los hoteles Real ubicados en el distrito de Barrancabermeja, por la participación y colaboración para el desarrollo y ejecución de la investigación.

A Sennova por aportar la financiación del presupuesto necesario para la ejecución de la investigación.

A la aprendiz Shirley Rangel, por su colaboración en la consulta de información y a todos aquellos que se vieron vinculados de forma directa e indirecta para la ejecución de la investigación

## Referencias

Alvarado, T. & Hernández, A. (2017). Prototipo de planta de compostaje a partir del análisis de diferentes técnicas que mitiguen los impactos ambientales de la empresa hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja (Santander). (Proyecto de investigación). Servicio

Nacional de Aprendizaje. Barrancabermeja, Colombia.

Alvarado, T. & Montes, J. (2019). Determinación de alternativas de solución para el uso del compostaje aerobio generado en los hoteles Real en el municipio de Barrancabermeja, Fase 2. (Proyecto de innovación). Servicio Nacional de Aprendizaje. Barrancabermeja, Colombia.

Garapen Iraunkorrerako Departamentua (Departamento para el desarrollo sostenible). Manual para el compostaje individual. País Vasco, Provincia de España. Recuperado de: [[http://www4.gipuzkoa.net/medioambiente/compostaje/down/Manual\\_compostaje.pdf](http://www4.gipuzkoa.net/medioambiente/compostaje/down/Manual_compostaje.pdf)]

ICONTEC. (2006). Guía Técnica Colombiana 53-7, Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos. Colombia.

ICONTEC. (2011). Norma Técnica Colombiana 5167, Productos para la industria agrícola, productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelos. Colombia.

ICONTEC. (2006). Norma técnica sectorial colombiana NTS-TS 002 Establecimientos de alojamiento y hospedaje, requisitos de sostenibilidad. Colombia. 25 p.