

Tratamiento de residuos orgánicos con sistemas en recipiente, reactores de compostaje rápido: un caso de éxito en la ciudad de Buenos Aires (Argentina)*

Organic waste treatment with vessel systems, rapid composting reactors: a success story in the city of Buenos Aires (Argentina)

María Paula Serrano Barrera¹ Martha Custodia Lamprea Zona²
Alejandra Margarita Olmedo Meza³ Juan Camilo Cardona Castaño⁴

¹ Administradora Ambiental y de los Recursos Naturales, Universidad Santo Tomás, Colombia.

Correo: mariaserranob@usantotomas.edu.co.  0009-0008-5531-9496.

² Docente del programa de Administración Ambiental y de los Recursos Naturales de la Universidad Santo Tomás, Colombia.

Correo: institucional:marthalamprea@usta.edu.co.  0000-0002-8173-9477.


³ Docente de los programas Ingeniería Ambiental, Administración Ambiental y de los Recursos Naturales y Tecnología en Saneamiento Ambiental de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia.

Correo: almaolme82@gmail.com.  0000-0003-0303-2537.

⁴ Doctor en Ciencias Ambientales, profesor de la Universidad Autónoma de Querétaro(UAGro), México.

Correo: juan.cardona@uaq.mx.  0000-0002-9631-9870.

Citar como: par Serrano Barrera, M. P., Lamprea zona, M. C., Olmedo Meza, A. M., & Cardona Castaño, J. C. (2026). Tratamiento de residuos orgánicos con sistemas en recipiente, reactores de compostaje rápido: un caso de éxito en la ciudad de Buenos Aires (Argentina). *CITAS*, 12(1), 79-93.

 <https://doi.org/10.15332/24224529.11038>

Recibido: 24/06/2025

Aceptado: 14/11/2025



*Artículo de investigación. Nuevas tecnologías para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Resumen

En Buenos Aires se manejan diariamente 8000 toneladas de residuos, de las cuales, el 40 % se recupera a través de un centro de reciclaje que integra una planta de tratamiento de residuos orgánicos. Esta planta emplea la tecnología HotRot, que facilita un compostaje eficiente al mezclar los residuos. El movimiento periódico y lento del eje permite una óptima mezcla, aireación y transporte del material dentro de la unidad de compostaje, lo que crea condiciones sostenibles de temperatura y humedad que favorecen un proceso efectivo. Además, esta tecnología ayuda a controlar impactos ambientales como emisiones, polvo, lixiviados, ruido y olores. El propósito del estudio es evaluar la eficacia del compostaje rápido como método de tratamiento de residuos. Para ello, se analiza un caso exitoso de DEISA (Desarrollo de Equipos Industriales S. A.), empresa argentina que lidera esta tecnología en Latinoamérica. Esta planta procesa 50 toneladas diarias en un plazo de 12 a 15 días, transformando los residuos en enmienda orgánica certificada, que se utiliza principalmente en agricultura, recuperación de suelos y reforestación. La planta cerrada también contribuye a reducir la contaminación sonora y las emisiones. Por lo tanto, el estudio evalúa el nivel de eficiencia de esta tecnología, demostrando la viabilidad de expandir la construcción de plantas similares en América Latina mediante alianzas público-privadas que garanticen la inversión económica necesaria. Adicionalmente, el compostaje emerge como una solución sostenible para mitigar los gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del suelo.

Palabras clave:

residuos orgánicos, compostaje, HotRot, tecnología sostenible, regeneración de suelos.

Abstract

In Buenos Aires, 8,000 tons of waste are handled daily, of which 40% is recovered through a recycling center incorporating an organic waste treatment plant. This plant employs HotRot technology, facilitating efficient composting by mixing the waste. The periodic and slow movement of the shaft allows optimal mixing, aeration, and transportation of the material within the composting unit, creating sustainable conditions of temperature and humidity that favor an effective process. Additionally, this technology helps control environmental impacts such as emissions, dust, leachate, noise, and odors. The study aims to evaluate the effectiveness of rapid composting as a waste treatment method. For this purpose, a successful case of DEISA (Desarrollo de Equipos Industriales S.A.), a leading Argentine company in this technology in Latin America, is analyzed. This plant processes 50 tons daily within a period of 12 to 15 days, transforming waste into certified organic amendment, primarily used in agriculture, soil recovery, and reforestation. The closed plant also contributes to reducing noise pollution and emissions. Therefore, the study evaluates the efficiency level of this technology, demonstrating the feasibility of expanding the construction of similar plants in Latin America through public-private partnerships that ensure the necessary economic investment. Additionally composting emerges as a sustainable solution to mitigate greenhouse gas emissions and improve soil quality.

Keywords:

organic waste, composting, hotrot, sustainable technology, soil regeneration.

Introducción

La generación de residuos sólidos representa un problema global de contaminación ambiental, según ONU-Habitat (s. f.), se generaron 2100 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos que ocasionaron pérdidas económicas, afecciones a la salud y contribuyeron al cambio climático derivado de la inadecuada gestión y disposición de los residuos sólidos (Galán Castro et al., 2023). Adicionalmente, se proyecta para el 2050 un incremento de más del 50 % de la generación de estos residuos, que demanda estrategias circulares orientadas hacia la sustentabilidad (Romero, 2024); de no ser así, una de las consecuencias será la duplicación de costos para su tratamiento y disposición. Del volumen generado de estos residuos, más del 50 % corresponde a residuos

sólidos orgánicos que son de rápida degradación, debido a que están conformados de acuerdo con su origen —residuos domiciliarios, comerciales, entre otros— y a su composición —restos alimenticios, estiércol, restos vegetales, etc.—. Se estima que el 20 % de las emisiones antropogénicas de metano se deben a la descomposición anaeróbica de alimentos y otros materiales orgánicos depositados en vertederos y basureros a cielo abierto (ONU, 2023).

En la actualidad, esta problemática pone de manifiesto la urgencia de transformar los residuos sólidos orgánicos en compostajes e insumos útiles para la industria agropecuaria, para contribuir, además, a mitigar problemas como la erosión del suelo y el escaso aprovechamiento de estos residuos a nivel mundial. En este contexto, es fundamental analizar el papel de herramientas experimentales, ecotecnologías y enfoques basados en la economía circular, los cuales permiten la integración de estrategias de gestión más eficientes para minimizar el impacto ambiental (Zhou et al., 2022).

En la ciudad de Buenos Aires (Argentina) se generan aproximadamente 8000 toneladas de residuos diarios, de los cuales se recupera el 40 % gracias al centro de reciclaje de la ciudad (figura 1), donde funcionan cinco plantas. Una de las plantas se encarga del aprovechamiento de residuos orgánicos; esta procesa 30 ton/día mediante tres reactores que procesan 10 ton/día, cada uno, de restos de comida que generan los restaurantes, plazas de mercado y hoteles de la ciudad. El tratamiento de los residuos sólidos orgánicos es posible gracias a un recipiente con eje central llamado HotRot. El eje gira periódica y lentamente para mezclar, airear y facilitar el transporte del material a través de la unidad de compostaje, proporcionando las condiciones óptimas y sostenibles de temperatura y humedad, para un proceso eficaz que permite control de impactos de emisiones, polvo, lixiviados, ruido y olores. Este mecanismo de compostaje HotRot, con biofiltro incluido, utiliza aproximadamente 20-25 kW de electricidad por tonelada de residuos procesada, siendo una cifra muy baja para cualquier sistema de compostaje en recipiente.

En este artículo se plantea un estudio de caso para el tratamiento de residuos orgánicos con sistema de compostaje en recipiente HotRot. Este método, como estrategia metodológica de la investigación según Papparini et al. (2021), es apropiado para investigar fenómenos prácticamente nuevos, destacándose por examinar situaciones contemporáneas en entornos reales.

El sistema de los reactores con sistema de compostaje en recipiente es posible gracias al mecanismo HotRot, como se mencionó. Es una tecnología avanzada de compostaje creada en 2003 por la compañía Global Composting Solutions (2025), de Nueva Zelanda, que ofrece una solución eficiente y rentable para el procesamiento de una amplia gama de residuos orgánicos. Esta consiste en unidades de compostaje continuo en recipientes con un diseño modular y control individualizado para garantizar la uniformidad y previsibilidad del producto final. Estas unidades son capaces de adaptarse a diferentes capacidades de producción, desde aplicaciones pequeñas hasta instalaciones municipales o industriales de gran escala.

Las ventajas del proceso HotRot incluyen la consistencia del producto final, el control de olores mediante una ligera presión negativa y el tratamiento de gases a través de biofiltros. Además, el sistema minimiza la generación de lixiviados y reduce los costos de capital y operativos gracias a su diseño compacto, con bajo consumo de energía y mantenimiento simplificado. La fiabilidad del sistema se destaca por su robustez, facilidad de mantenimiento y monitorización remota, garantizando el cumplimiento de normativas y estándares (Global Composting Solutions, 2023).

El uso del suelo, de acuerdo con la capacidad instalada, se optimiza gracias al diseño compacto y la modularidad del sistema, que permiten ampliar la capacidad de la planta según la demanda. HotRot es especialmente adecuado para lugares con espacio reducido y es la única tecnología que ofrece una garantía contractual de ausencia de olores, por lo que el sistema HotRot representa una solución integral y avanzada para el compostaje de residuos orgánicos, ofreciendo eficiencia, rentabilidad y cumplimiento normativo en una amplia gama de aplicaciones; asimismo, minimiza los costos de capital y de operación (Global Composting Solutions, 2025).

Los sistemas de compostaje de recipiente requieren una inversión alta. En cuanto al sistema HotRot, este se ha diseñado para ser rentable, con unidades individuales que operan al aire libre, cimientos simplificados y reducción de costos asociados con la aireación y el almacenamiento del compostaje; el mismo, brinda eficiencia espacial por reducir significativamente el espacio de almacenamiento en comparación a otros sistemas. Mientras los costos operativos se ven reflejados en eficiencia energética, mano de obra reducida e integración de equipos, luego de los costos energéticos, el costo operativo será el más elevado, por lo que el sistema de compostaje en recipiente HotRot ofrece a sus clientes la garantía contractual Odour Free (eliminador de olor). Además, reduce los costos de eliminación de lixiviados en un 99 % (Global Composting Solutions, 2023).

En síntesis, se propone un estudio de caso para conocer la eficiencia de transformación de la materia orgánica de los residuos sólidos generados en la ciudad de Buenos Aires (Argentina). El sistema HotRot es una solución integral y avanzada, que ofrece una alternativa rentable para el procesamiento de residuos orgánicos, con ventajas como consistencia del producto final, control de olores y minimización de costos operativos. Su funcionalidad tiene el mismo esquema de un tambor rotatorio, cuyo objetivo es procesar grandes cantidades materia orgánica, donde la microflora aeróbica pueda descomponer el sustrato de manera más rápida y estable, acortando el tiempo retención entre 15 a 20 días.

Figura 1

La figura muestra la distribución espacial del centro de reciclaje de la ciudad de Buenos Aires (Argentina).



Fuente: <https://buenosaires.gob.ar/educacion/escuelas-verdes/conoce-las-plantas-de-tratamiento>.

Figura 2

Fracción de residuos orgánicos de la ciudad de Buenos Aires (Argentina). La figura explica cómo se tratan los residuos orgánicos.



Fuente: <https://buenosaires.gob.ar/ducación/escuelas-verdes/conoce-las-plantas-de-tratamiento>.

Metodología

La investigación se desarrolló bajo un diseño de estudio de caso, considerado apropiado para analizar fenómenos en profundidad y responder preguntas sobre cómo y por qué ocurren (Hernández González, 2021; Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Este enfoque permitió examinar la aplicabilidad y eficiencia del sistema de compostaje en recipiente HotRot, una tecnología empleada para el tratamiento de residuos orgánicos urbanos, tomando como referencia experiencias implementadas en Buenos Aires (Argentina).

El estudio se centró en analizar la eficiencia operativa del sistema HotRot, evaluando el desempeño del proceso de compostaje en términos de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, con datos tomados del informe “Issues Relating To Organic Waste Disposal Part 3 –Understanding The HotRot System”, de Global Composting Solutions (2023). Se recopilaron datos cuantitativos provenientes de registros de operación del sistema, informes técnicos del operador y monitoreos realizados durante un periodo de seis meses, que comprendió diferentes etapas del proceso: carga inicial, degradación activa y maduración.

Los parámetros analizados incluyeron temperatura interna, humedad, tamaño de partícula, concentración de oxígeno, reducción de patógenos y contenido de materia orgánica, siguiendo los lineamientos de control

de calidad de los compost establecidos por la normativa local y las especificaciones técnicas del fabricante ([Global Composting Solutions, 2023](#)). Asimismo, se estimó el consumo energético eléctrico total del sistema y el tiempo de residencia promedio de los residuos dentro del reactor, para determinar el porcentaje de eficiencia energética y operativa del proceso.

El procesamiento y análisis de los datos se realizó mediante métodos descriptivos y comparativos, con el fin de evaluar el comportamiento del sistema frente a los parámetros óptimos de compostaje reportados en la literatura científica ([Breda et al., 2021](#); [Vizcaíno et al., 2023](#)). Se complementó con observaciones cualitativas sobre la facilidad de mantenimiento, control de olores y manejo de lixiviados, permitiendo una evaluación integral del desempeño técnico y ambiental del sistema HotRot.

Resultados

La recuperación de residuos orgánicos mediante sistemas de compostaje cerrado, como HotRot, constituye una estrategia ambientalmente beneficiosa al favorecer la producción de compost de alta calidad y la reducción de impactos asociados a la disposición final. Según [Global Composting Solutions \(2023\)](#), el sistema HotRot emplea un proceso aeróbico totalmente cerrado, basado en una tecnología de tambor rotatorio horizontal que mantiene una ligera presión negativa en el interior de la cámara. Este principio permite controlar eficazmente los olores y emisiones gaseosas al conducir el aire del proceso hacia biofiltros que tratan los compuestos volátiles. Además, el diseño del sistema evita la generación de lixiviados, dado que la humedad se elimina en forma de vapor durante el proceso de degradación biológica.

En cuanto a la optimización del espacio, la línea HotRot 1206 presenta un diseño modular y compacto, con una capacidad de procesamiento que oscila entre 5 y 15 toneladas por semana, ocupando un área significativamente menor que los sistemas de compostaje abiertos tradicionales. Esta modularidad permite ampliar la capacidad operativa conforme aumentan los volúmenes de residuos, garantizando flexibilidad y eficiencia en entornos urbanos o industriales con limitaciones de espacio. El sistema cumple con estándares internacionales de gestión ambiental y sanitaria al mantener un control automatizado de parámetros críticos como temperatura, humedad y oxigenación, lo que asegura la consistencia del producto final y la inactivación de patógenos. A ello se suma su bajo consumo energético, facilidad de mantenimiento y monitorización remota, factores que contribuyen a la fiabilidad y sostenibilidad operativa del proceso. En conjunto, estas características posicionan al sistema HotRot como una solución integral y avanzada para el tratamiento de residuos orgánicos, ya que ofrece eficiencia, cumplimiento normativo y reducción de costos operativos en comparación con tecnologías convencionales de compostaje.

Descripción del sistema

El tratamiento de los residuos sólidos orgánicos es posible gracias a un recipiente con eje central llamado HotRot. El eje gira periódica y lentamente para mezclar, airear y facilitar el transporte del material a través de la unidad de compostaje.

En el centro de reciclaje de la ciudad de Buenos Aires es posible llevar a cabo el proceso mencionado en la planta de residuos orgánicos, donde los residuos provienen de hoteles, hospitales, comercios gastronómicos, clubes equinos, entre otros. El centro está diseñado mediante un sistema cerrado para minimizar las emisiones, utilizando biofiltros con un sistema de distribución y purificación que reduce la generación de malos olores y agentes contaminantes a la atmósfera.

Figura 3

Planta de residuos orgánicos. En la figura se observa el interior de la fracción orgánica del centro de reciclaje de la ciudad de Buenos Aires.



Fuente: <https://buenosaires.gob.ar/centro-de-reciclaje-de-la-ciudad>.

Figura 4

Reactores de compostaje en recipiente HotRot.



Fuente: fotografía de la propuesta para clientes, interna de DEISA (2023).

El sistema HotRot es un mecanismo que utiliza los reactores, capitaliza las propiedades aislantes del compost

y la necesidad de una mezcla completa para eliminar los efectos de borde. Esto es posible mediante la rotación regular del eje, que sucede cada 30 a 60 minutos, y que permite mezclar el material de manera efectiva, garantizando un compostaje uniforme y prolongado a altas temperaturas. Como resultado, todo el material se expone al proceso activo, asegurando su eficacia. Además, el sistema HotRot maneja la recarga de oxígeno durante el proceso de compostaje para asegurar condiciones aeróbicas óptimas para la descomposición de los residuos. Por lo tanto, desde el punto de vista bioquímico, un compostaje eficiente debería definirse como: “La degradación aeróbica de los residuos para liberar la máxima cantidad de energía contenida en ellos, manteniendo al mismo tiempo las temperaturas a un nivel propicio para la máxima actividad microbiana” (Global Composting Solutions, 2023).

De acuerdo con Global Composting Solutions (2023), desarrolladora de la tecnología HotRot, el sistema mantiene condiciones aeróbicas óptimas mediante un control automatizado del flujo de aire y la recarga continua de oxígeno, garantizando una mezcla homogénea de los residuos y una temperatura interna constante. Este mecanismo de aireación forzada permite mantener un equilibrio entre el calor generado por la actividad microbiana, la humedad del material y el oxígeno circundante, factores indispensables para la biodegradación aeróbica eficiente.

La estabilidad del proceso se logra gracias a la hidrólisis del vapor de agua y a la difusión del oxígeno en la masa de compost, que evitan la formación de zonas anaeróbicas y potencian la acción de los microorganismos termófilos responsables de la descomposición. En este sentido, Global Composting Solutions (2023) sostiene que el sistema HotRot asegura un entorno controlado que optimiza la actividad biológica y acelera la conversión de la materia orgánica en compost estable y libre de patógenos. La empresa indica, además, que el compostaje en sistemas cerrados HotRot es un proceso aeróbico controlado que se desarrolla a temperaturas superiores a 40 °C, típicas de la fase termófila del compostaje. Estas temperaturas son generadas por el metabolismo de los microorganismos que degradan la materia orgánica, liberando energía en forma de calor biológico. En este sentido, la temperatura no es una causa directa del proceso, sino una consecuencia de la actividad microbiana que, a su vez, retroalimenta la descomposición al mantener condiciones óptimas para la proliferación de microorganismos termófilos.

Una unidad HotRot de gran capacidad puede generar más de 150 kW de calor como resultado de la respiración microbiana, energía que desempeña un papel crucial en la aceleración de la degradación de los residuos orgánicos, la reducción de la masa total y la eliminación de patógenos, a través de un proceso de pasteurización térmica natural. Esta autorregulación térmica, combinada con el control automatizado del flujo de aire, permite mantener un equilibrio estable entre temperatura, humedad y oxígeno, garantizando una descomposición eficiente y un compost de alta calidad (Global Composting Solutions, 2023).

Las pruebas en el sistema HotRot revelan que, incluso a temperaturas menores que las habituales para eliminar patógenos, el compost producido cumple con los estándares de seguridad microbiológica establecidos en Nueva Zelanda, específicamente los definidos por la norma NZS 4454:2005 (Waste Management Institute New Zealand, 2008), que regula los requisitos de calidad física, química y microbiológica para el compost, los acondicionadores de suelos y los mantillos. Dicho estándar, utilizado como referencia en las operaciones y permisos ambientales del país, exige que el producto final esté libre de organismos patógenos o dentro de límites microbiológicos seguros basados en organismos indicadores como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp.

Esto resalta la importancia de una mezcla minuciosa y de mantener un ambiente biológicamente activo para asegurar la eficacia del proceso. En las pilas de compostaje tradicionales, el enfriamiento en los bordes y el sobrecalentamiento en el centro pueden ser problemáticos. Los riesgos asociados a la presencia de organismos nocivos en el compost se deben principalmente a que los residuos pueden escapar del tratamiento debido a estos denominados efectos de borde, es decir, zonas periféricas que no alcanzan las temperaturas necesarias para la inactivación de patógenos por pérdida de calor o falta de aireación uniforme.

El sistema HotRot, cuya patente pertenece a Global Composting Solutions (2023), está diseñado precisamente para eliminar este problema (Global Composting Solutions, 2025). Gracias a su sistema cerrado y a la agitación

continúa mediante un eje central, el material se mezcla constantemente y traslada los residuos desde los bordes hacia las zonas más calientes, asegurando una distribución térmica homogénea. Mientras que en el proceso tradicional de compostaje el número de volteos se realiza entre una y dos veces por semana durante la fase termófila, el sistema HotRot ejecuta cientos de mezclas en el mismo periodo, lo que reduce significativamente el riesgo de que los patógenos escapen del tratamiento. Estas condiciones han sido confirmadas por pruebas microbiológicas que demuestran que el compost obtenido cumple los estándares de inocuidad y calidad exigidos en Nueva Zelanda.

La tabla 1 muestra que el compost generado por el proceso HotRot puede tener niveles aceptables de patógenos, incluso a temperaturas más bajas de lo habitual para su reducción. Esto resalta las ventajas de una mezcla minuciosa y un entorno de compostaje activo para mantener la calidad del compost.

Tabla 1. Resumen de los resultados de las pruebas microbianas realizadas en el recipiente de compostaje HotRot que procesa arena y residuos de depuradora

Máximo – buque temperatura	Días material expuesto a > 40 °C	Coliformes totales (NMP/g)	Coliformes fecales (NMP/g)	Salmonella
63.5	14	23	< 3	No detectado
63.2	14	4	< 3	No detectado
63.2	14	43	15	No detectado
62.8	14	23	< 3	No detectado
60.4	13	< 3	< 3	No detectado
56.6	12	4	4	No detectado
48.6	12	75	< 3	No detectado
47.8	12	240	240	No detectado
45.9	12	23	23	No detectado
46.4	12	43	15	No detectado
46.6	10	23	23	No detectado

Fuente: datos tomados del informe “Issues Relating To Organic Waste Disposal Part 3 – Understanding The HotRot System” (Global Composting Solutions 2025).

En los procesos de compostaje, los valores atípicos pueden explicarse debido a que estos sistemas están influenciados por factores externos y las variaciones de las temperaturas. Entre ellos, las condiciones ambientales, particularmente la temperatura exterior, pueden incidir directamente sobre la dinámica térmica interna del compostaje. Los cambios abruptos observados en la tabla —por ejemplo, los valores de 23 y 240 NMP/g en coliformes totales y fecales— pueden explicarse por al menos tres factores:

- En primer lugar, la temperatura interna del compostaje actúa como un mecanismo de regulación del crecimiento microbiano. Sin embargo, aunque las temperaturas elevadas favorecen la inactivación de bacterias indicadoras, no siempre son letales para todos los microorganismos, especialmente si no se mantienen durante un tiempo suficiente o si existen gradientes térmicos dentro del material.
- En segundo lugar, las variaciones en la temperatura ambiental externa pueden influir en la temperatura interna del compostaje. Si se presentan descensos térmicos en el entorno, estos pueden afectar la estabilidad del proceso y disminuir la eficacia de la inactivación microbiana.

- En tercer lugar, las oscilaciones térmicas pueden generar condiciones favorables para la supervivencia o incluso la proliferación de ciertos microorganismos. Cuando la temperatura desciende temporalmente a rangos no letales, las bacterias pueden reactivarse y multiplicarse.

Si bien estos valores modifican la homogeneidad estadística del muestreo, no necesariamente deben interpretarse como anomalías en sentido estricto, sino como comportamientos esperables dentro de la variabilidad inherente a los procesos de compostaje, los cuales son sistemas biológicos dinámicos y dependientes de múltiples factores ambientales.

Basados en datos secundarios publicados por Global Composting Solutions (2025), la tabla 1 muestra los resultados microbiológicos de un material expuesto a diferentes temperaturas máximas dentro de un periodo determinado; durante varios días presentó temperaturas superiores a 40 °C, donde se muestra la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Salmonella*. A continuación, se realiza una interpretación de las variables relacionadas en la tabla 1.

Temperatura vs carga microbiana

Se observa una correlación entre la temperatura máxima del compostaje y la presencia de coliformes, es decir que, a mayor temperatura y duración del tratamiento térmico, menor número de microorganismos. Frente al comportamiento de la eficacia del sistema se observa que umbral óptimo de temperatura fue alrededor de 60 °C durante 13-14 días, donde los coliformes fecales y totales caen por debajo de los límites detectables. Sin embargo, a temperaturas menores de 50 °C, la eliminación de coliformes fecales no es completa, lo que sugiere que el proceso termófilo activo (55 °C) es determinante para garantizar la inocuidad microbiológica. El hecho de que *Salmonella* no se detecte en ningún caso, sugiere que incluso los regímenes térmicos moderados dentro del sistema HotRot son suficientemente homogéneos y sostenidos como para evitar la supervivencia de patógenos enterobacterianos.

Relación entre días de exposición vs temperatura

Cuando el material se mantiene expuesto durante varios días a temperaturas superiores a 40 °C, los recuentos bacterianos tienden a ser muy bajos o incluso no detectables. En el sistema HotRot, conforme transcurren los días de compostaje, la temperatura interna aumenta progresivamente debido a la intensa actividad metabólica de los microorganismos termófilos que degradan la materia orgánica liberando calor. Este comportamiento explica que hacia los días 13 a 14, las temperaturas dentro del reactor alcancen valores cercanos a 60-63 °C, condiciones en las que los coliformes totales y fecales se reducen a niveles mínimos o no detectables. En contraste, durante los primeros 10 a 12 días, cuando las temperaturas fueron inferiores a 50 °C, se observó una mayor presencia de estos microorganismos, indicando que el proceso termófilo aún no se había desarrollado plenamente.

Esto demuestra que el sistema de tratamiento HotRot mantiene una eficiencia sostenida en la reducción de la carga microbiológica gracias al control de temperatura y a la mezcla continua del material, factores esenciales para alcanzar una higienización completa. Dicho control garantiza que el compost resultante esté libre de patógenos o agentes que puedan contaminar el suelo y los materiales vegetales, cumpliendo con los estándares microbiológicos de seguridad exigidos.

Por otro lado, hablar sobre el tamaño de las partículas en el compostaje también es importante, debido a que su impacto en el sistema HotRot resuelve esto mediante la rotación del eje, que agita el material y afloja cualquier compactación. Además, el sistema puede procesar partículas más pequeñas y densificar el material, reduciendo la necesidad de agentes de carga, para garantizar una mezcla eficiente, ya que se realiza frecuentemente mediante la rotación del eje, lo que facilita el acceso de los microbios a la materia orgánica no degradada y acelera el proceso de compostaje al romper físicamente las partículas. Asimismo, la mezcla en el sistema HotRot se realiza de manera que no se mezclen poblaciones biológicas ineficientemente, evitando así posibles inhibiciones en el proceso de compostaje.

El sistema de compostaje HotRot es un método de flujo continuo donde el material de compostaje se desplaza a través de distintas poblaciones de bacterianas (coliformes totales y coliformes Fecales), debido a la rotación del eje y a la adición de material fresco en la parte delantera de la unidad; esto permite que los mismos procesos microbianos se den en un tiempo más corto. A medida que el material se mueve, es inoculado por la población microbiana anteriormente mencionada, reduciendo el tiempo necesario para el crecimiento de microorganismos. Además, el proceso de compostaje se caracteriza por una sucesión de poblaciones microbianas y una reducción gradual de los sólidos volátiles, lo que disminuye la posibilidad de olores y la atracción de vectores. En condiciones normales, el eje del HotRot girará al menos 1.5 revoluciones cada 30 a 45 minutos, por lo que incluso si se realiza una mezcla completa cada hora, el material de la unidad se mezcla 24 veces al día. El proceso desarrollado por el sistema de HotRot será de 10 a 12 días, esto significa que el material se mezclará entre 240 y 290 veces, por lo tanto, resultará la enmienda orgánica como resultado.

Discusión

Según Lamprea & Olmedo (2023), el compostaje artesanal representa una alternativa viable para la producción de enmiendas orgánicas en cultivos como el marañón (*Anacardium occidentale*), aunque una de sus principales limitaciones radica en el tiempo prolongado de descomposición, que depende en gran medida de las condiciones ambientales y de la frecuencia de volteo. En comparación, los resultados obtenidos con el sistema HotRot evidencian una reducción significativa del tiempo de compostaje, atribuida al control térmico automatizado y a la mezcla continua del material, lo cual mejora la eficiencia del proceso y reduce el riesgo de supervivencia microbiana.

Por otro lado, Silva et al. (2015) destacan que el crecimiento demográfico y la industrialización han incrementado de manera acelerada la generación de residuos, lo que exige nuevas estrategias de gestión basadas en la economía circular. En este sentido, la presente investigación aporta evidencia práctica de cómo una tecnología mecanizada, como HotRot, puede integrarse en sistemas sostenibles de aprovechamiento de residuos orgánicos. Sin embargo, es importante reconocer que esta tecnología presenta limitaciones asociadas al costo de implementación, consumo energético y requerimientos de mantenimiento especializado, factores que podrían restringir su adopción en contextos rurales o de pequeña escala.

En conjunto, los resultados de este estudio sugieren que, aunque el sistema HotRot supera las limitaciones del compostaje artesanal en términos de control térmico y reducción de patógenos, ambas tecnologías pueden coexistir como alternativas complementarias dentro de un enfoque de economía circular, dependiendo de los recursos y la escala de producción.

En Colombia, se calcula que el 83 % de los residuos sólidos domiciliarios que se generan van a los rellenos sanitarios y solo el 17 % es recuperado por recicladores para su reincorporación al ciclo productivo, lo que hace necesaria la inclusión y la aplicación de nuevas tecnologías limpias para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos (Suárez et al., 2024); por ello, esta investigación es una oportunidad en el panorama colombiano. El sistema HotRot se vuelve una tecnología innovadora para responder a la deficiencia de transformación y recuperación de los residuos orgánicos, que pueden ser potenciales en el sector primario del país.

Con base en lo anterior, el problema que detecta esta investigación está relacionado con soluciones a baja escala para mitigar el problema de los residuos orgánicos; la propuesta de economía circular a través del sistema HotRot tiene una base explicativa en los hallazgos de Mosquera et al. (2016) y Ortega Ramírez et al. (2021). Colombia es un país que no está exento de las consecuencias de un mal manejo de sus residuos sólidos y está próximo a experimentar catástrofes ambientales y de salud pública, según los resultados presentados en el Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos realizado por Vilchis-Pérez et al. (2025) en el cual se afirma que el 40.8 % de los rellenos sanitarios del país tienen una vida útil no mayor a 3 años, siendo su edad máxima hasta los 10 años. Por esto, la preocupación ha aumentado, ya que actualmente el 66 % de los

residuos generados son de origen orgánico.

Con base en la premisa anterior, se identifica una oportunidad significativa para que el sistema económico del país oriente e implemente estrategias que mitiguen los efectos derivados del manejo tradicional de los residuos sólidos. Según Atica (2024), el aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante tecnologías de vanguardia, como el sistema HotRot, representa un paso necesario para superar la ineficiencia actual en la gestión de estos materiales. Esta problemática también ha sido señalada en el contexto argentino por Torregiani (2021), quien destaca la importancia de tratar los desechos sólidos no solo para eliminar sustancias no deseadas, sino también para minimizar, prevenir y reutilizar los recursos presentes en ellos. En este sentido, el Centro de Reciclaje de Buenos Aires se presenta como un ejemplo exitoso en la clasificación y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos, ya que cuenta con una fracción destinada específicamente al tratamiento de residuos orgánicos, generando compost como enmienda orgánica. Este tipo de experiencias evidencian el potencial de integrar tecnologías modernas de compostaje dentro de políticas de economía circular aplicables en otros contextos nacionales.

Ante el panorama anterior aparecen alternativas sociales en las que el sistema HotRot se puede aplicar a las asociaciones de los recicladores de oficio, aumentando la posibilidad de aprovechamiento de los residuos orgánicos; estudios como los de Suárez et al. (2024) avalan dicha estrategia, mientras que los estudios de Aguirre-Forero et al. (2022), Cardona et al. (2022) y Moreno & Schamber (2024) discuten la importancia de conocer que el compostaje puede ser aeróbico y anaeróbico, como un nuevo tópico de aplicación. En el primero se destaca la participación de diferentes tipos de microorganismos y las condiciones ideales para el compostaje, tales como la disponibilidad de oxígeno, la temperatura y la relación carbono-nitrógeno. Este proceso ocurre en la planta a través de los reactores en un sistema cerrado, evitando la proliferación de vectores.

La temperatura y el tiempo fueron factores clave para la reducción de coliformes. Las exposiciones de 13 días a temperaturas $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ parecen ser efectivas para mantener baja la carga microbiana. Los sistemas de compostaje en recipiente se destacan por llevar a cabo el proceso de compostaje aerobio en entornos cerrados. Entre ellos, el sistema HotRot de nueva generación ha sido desarrollado para superar las limitaciones de diseño presentes en los sistemas tradicionales. Esto se asemeja al estudio de Mojica et al. (2023), quienes identificaron que a niveles de temperatura entre $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $70\text{ }^{\circ}\text{C}$, los coliformes en las composteras se desnaturalizan.

Es importante resaltar que la tecnología del sistema HotRot se reserva información, por estar patentado en 11 países aproximadamente, para su uso en el diseño de plantas de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos, siendo uno de ellos Argentina. Según Blondet et al. (2023) identificaron que el aprovechamiento de los residuos orgánicos, son una acción para la creación compostajes, son fundamentales para la remediación del suelo.

Conclusiones

La materia orgánica y las enmiendas orgánicas son vitales para el control de la erosión, ya que mejoran las propiedades físicas y químicas del suelo. Entre sus efectos positivos se destacan el mejoramiento de la estructura del suelo y la promoción de agregados estables que aumentan la porosidad y facilitan la circulación del agua, el aire y los nutrientes; asimismo, el incremento del contenido de materia orgánica, de la capacidad de retención de agua y de la actividad biológica, aportando a la reducción de los procesos erosivos.

En este contexto, el sistema HotRot contribuye significativamente a la generación de enmiendas orgánicas de alta calidad, al asegurar un compost libre de patógenos y con una descomposición homogénea, producto de su control térmico y mezcla continua. De esta manera, el compost obtenido mediante esta tecnología cumple con los estándares microbiológicos exigidos y favorece la restauración y sostenibilidad de los suelos, lo que lo convierte en un insumo esencial como acondicionador de suelos.

Se destaca la interrelación entre el oxígeno, la temperatura, la humedad, el tamaño de las partículas, la mezcla y el tiempo de permanencia en el proceso de compostaje. El sistema HotRot ha sido diseñado para

optimizar estas complejas relaciones y proporcionar condiciones óptimas para el compostaje, eliminación de patógenos y atracción de vectores. Este sistema no se limita a la unidad de compostaje en sí, sino que incluye equipos de inspección y clasificación de residuos, trituradoras, tolvas automáticas de alimentación y cribas de productos. Con el trabajo en conjunto, estos elementos forman un sistema integrado que garantiza un compostaje efectivo y sencillo. HotRot colabora con sus clientes para ofrecer soluciones completas desde la recepción de los residuos hasta la manipulación del producto final. Desde su fundación en 2003 por Global Composting Solutions, compañía neozelandesa que ofrece soluciones de tratamiento de residuos orgánicos, la empresa ha instalado sus sistemas patentados de compostaje en más de 11 países.

El sistema HotRot se ajusta a las necesidades del contexto de Colombia para el tratamiento de residuos orgánicos, sin embargo, se deben lograr alianzas público-privadas para obtener el cierre financiero del proyecto, ya que es necesario adecuar la planta para que la recolección y clasificación sea adecuada, con el fin de poder incorporar al reactor de compostaje rápido el material orgánico.

Adicionalmente, con base en la información disponible y adaptando el análisis al contexto colombiano, se puede establecer una estimación razonable de inversión para la implementación de la tecnología HotRot. Tomando como referencia el modelo HotRot 3518, diseñado para operaciones municipales de gran escala (Global Composting Solutions, 2025), se observa que este sistema presenta ventajas frente a tecnologías tradicionales de compostaje *in-vessel* o de tipo túnel, las cuales suelen implicar costos elevados, asociados a obras civiles, transporte, sistemas de control ambiental, infraestructura eléctrica, permisos y mantenimiento.

El sistema HotRot, al requerir un espacio operativo significativamente menor y ofrecer menores costos de operación anual (aproximadamente 25 % menos que los sistemas de túnel), representa una alternativa eficiente a largo plazo, aunque su inversión inicial sea considerable. En el contexto colombiano, una planta HotRot de escala intermedia o grande —orientada al procesamiento urbano, separación de residuos sólidos urbanos (RSU) y compostaje controlado— podría requerir una inversión aproximada de entre USD 300 000 y USD 1 000 000, o más. En consecuencia, la adopción de esta tecnología en Colombia se proyecta como una inversión estratégica de mediano y largo plazo, alineada con los objetivos de sostenibilidad, economía circular y aprovechamiento de residuos orgánicos.

La tecnología desarrollada por DEISA, compañía argentina pionera en Latinoamérica en la implementación de la tecnología patentada de HotRot, utilizada en el diseño de plantas para la clasificación y aprovechamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), es una alternativa relevante en la actualidad, dada la limitada vida útil de los rellenos sanitarios.

Agradecimientos

Este estudio fue apoyado por DEISA (Desarrollo de Equipos Industriales S. A.) compañía argentina, pionera en adaptar la tecnología patentada de HotRot en Latinoamérica para el diseño de plantas de clasificación y aprovechamiento de RSU (Residuos Sólidos Urbanos).

References

- Aguirre-Forero, S. E., Piraneque-Gambasica, N. V., & Cabarcas-Saumeth, D. (2022). Compost de cáscara de naranja: Una alternativa de aprovechamiento y ciclaje de materia orgánica en la Región Caribe de Colombia. *Entramado*, 18(1). <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.8063>
- Atica. (2024). *Tratamiento y disposición final ¿Cómo está Colombia frente a la gestión de residuos en el 2024?* <https://www.atica.co/tratamiento-y-disposicion-final-como-esta-colombia-frente-a-la-gestion-de-residuos-en-el-2024>
- Blondet, D., Plaza-Salazar, A., & Barona, D. (2023). Evaluación de los residuos sólidos encontrados en playas de la Costa Verde, Lima, Perú durante el invierno de 2021. *South Sustainability*, 4(1), e070.

<https://doi.org/10.21142/SS-0401-2023-e070>

- Breda, A., Hummes, V., Silva, R. S. da, & Sánchez, A. (2021). El papel de la fase de observación de la implementación en la metodología estudio de clases. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 35(69), 263–288. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a13>
- Cardona, J. C., Rico, R. E., Cuautle, L. M., & Rosas, A. Y. (2022). Macrofauna edáfica en cultivo de maíz (*Zea mays*) biofertilizados con lodos de cerdo, (Perote-México). *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 14(1), 42–56. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v14n1a3>
- Galán Castro, E. A., Juárez López, A. L., & Casarrubias Jáimez, A. I. (2023). La gestión de residuos en Acapulco, Guerrero. Acercamientos desde la antropología del Estado. *Iztapalapa. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 44(94), 193–219. <https://doi.org/10.28928/ri/942023/aot4/galancastroe/juarezlopeza/casarrubiasjai>
- Global Composting Solutions. (2023). *Report: Issues relating to organic waste disposal. Part 3 – Understanding the HotRot system*. Global Composting Solutions. https://www.globalcomposting.solutions/_files/ugd/210f43_0e168c061e45405e8b44d1069574f345.pdf
- Global Composting Solutions. (2025). *HotRot applications*. <https://www.globalcomposting.solutions/hotrot-application>
- Hernández González, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252021000300002
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill México.
- Lamprea, M. C., & Olmedo, A. M. (2023). Experiencia en la producción de Bocashi, como acondicionador de suelo para la producción de marañón (*Anacardium occidentale*) industrial en la finca Namasté. *CITAS*, 9(2). <https://doi.org/10.15332/24224529.8153>
- Mojica, D. V., González-Polo, M., & Beily, M. E. (2023). Evaluación del co-compostaje de lodos cloacales con pulpa de café, para su aprovechamiento en Costa Rica. *Yulök Revista de Innovación Académica*, 7(2), 13–29. <https://doi.org/10.47633/yulk.v7i2.595>
- Moreno, I. del R., & Schamber, P. J. (2024). La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en Argentina. Normativas que condicionan su tratamiento y experiencias que proyectan potencialidades en la región metropolitana de Buenos Aires. *Cuaderno Urbano*, 38(38), 137–157. <https://doi.org/10.30972/crn.38387680>
- Mosquera, A. T., Melo, M., Quiroga, C., Avendaño, D., Barahona, M., Galindo, F., Lancheros, J., Prieto, S., Rodríguez, A., & Sosa, D. (2016). Evaluación de fertilización orgánica en cafeto (*Coffea arabica*) con pequeños productores de Santander, Colombia. *Temas Agrarios*, 21(1), 90–101. <https://doi.org/10.21897/rta.v21i1.894>
- ONU. (2023). *Primer Día Internacional de Cero Desechos fortalece las medidas contra la crisis mundial de contaminación*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/primer-dia-internacional-de-cero-desechos-fortalece-las>
- ONU-Habitat. (s. f.). *Recolectar y eliminar residuos de manera eficiente*. <https://onu-habitat.org/index.php/recolectar-y-eliminar-residuos-de-manera-eficiente>
- Ortega Ramírez, A. T., Marín Maldonado, D. F., & Castro, N. E. (2021). Problemas de la generación, disposición y tratamiento de los residuos sólidos en el municipio de Quibdó, Colombia. *Producción + Limpia*, 16(2), 179–196. <https://doi.org/10.22507/pml.v16n2a9>
- Paparini, S., Papoutsi, C., Murdoch, J., Green, J., Petticrew, M., Greenhalgh, T., & Shaw, S. E. (2021). Evaluating complex interventions in context: Systematic, meta-narrative review of case study approaches. *BMC Medical Research Methodology*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s12874-021-01418-3>
- Romero, G. (2024). La gestión de residuos a escala global: Presente y futuro. *Retema*, 256, 45–53. <https://www.retema.es/articulos-reportajes/la-gestion-de-residuos-escala-global-presente-y-futuro>
- Silva, A., Morán, C., Cárdenas, C., Macuy, J., & Mehr, J. (2015). La inflación y el ingreso de los recolectores

- de desechos sólidos inorgánicos reciclables de la ciudad de Guayaquil. *RETOS*, 5(9), 73–84. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=504550660006>
- Suárez, D. A., Lamprea, M. C., & Cardona, J. C. (2024). Procedure for managing urban solid waste micro-routes with recyclers in the municipality of Puerto López, Meta (Colombia). *CITAS*, 10(2), 39–62. <https://doi.org/10.15332/24224529.10388>
- Torregiani, I. M. (2021). *Implementación de un biodigestor para el aprovechamiento de los residuos orgánicos en una granja avícola. Caso: Avícola Monte Buey, Córdoba, Argentina* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Córdoba]. <https://agris.fao.org/search/en/providers/124857/records/67483fb86b7cc10eeb5aa581>
- Vilchis-Pérez, T. E., Jiménez-Martínez, N. M., & Herrera-Navarrete, R. (2025). Estrategias y retos en el manejo de residuos: Una visión global desde los rankings universitarios. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad*, 8, e479. <https://doi.org/10.47633/rias.v8i0.479>
- Vizcaíno, P. I., Cedeño, R. J., & Maldonado, I. A. (2023). Metodología de la investigación científica: Guía práctica. *Ciencia Latina*, 7(4). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7658
- Waste Management Institute New Zealand. (2008). *The New Zealand resource recovery park design guide*. Waste Management Institute New Zealand. <https://www.wasteminz.org.nz/hubfs/Compost%20NZ%20Consent%20Guide.pdf>
- Zhou, Y., Xiao, R., Klammsteiner, T., Kong, X., Yan, B., Mihai, F. C., Liu, T., Zhang, Z., & Kumar Awasthi, M. (2022). Recent trends and advances in composting and vermicomposting technologies: A review. *Bioresource Technology*, 360, 127591. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127591>