

EVALUACIÓN DE MÉTODOS DE COMPOSTAJE PARA LA TRANSFORMACIÓN DE DESECHOS ORGÁNICOS EN NUTRIENTES. REVISIÓN SISTEMÁTICA

EVALUATION OF COMPOSTING METHODS FOR THE TRANSFORMATION OF ORGANIC WASTE INTO NUTRIENTS. SYSTEMATIC REVIEW

Christian Larrea Cerna¹  Yolinda Ilizarbe Ayuque¹  Edwin Mallqui Cárdenas¹ 

David Calligos Romero²  Daniel Alvarado León³ 

¹ Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

² Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

³ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú

Correspondencia:

Mag. CRHISTIAN OMAR LARREA CERNA
christian.larrea@unat.edu.pe

Como citar este artículo: Larrea, C., Ilizarbe, Y., Mallqui, E., Calligos, D., & Alvarado, D. (2025). Evaluación de métodos de compostaje para la transformación de desechos orgánicos en nutrientes. *Revista de Investigación Hatun Yachay Wasi*, 4(1), 74-89. <https://doi.org/10.57107/hyw.v4i1.87>

RESUMEN

Este estudio analiza la viabilidad y eficacia del compostaje como estrategia central de gestión de residuos orgánicos. Se realizó una revisión sistemática de la literatura utilizando la metodología PICO y PRISMA, para segmentar temas y palabras clave. La base de datos Scopus arrojó 33.880 artículos relevantes. Se utilizaron métodos bibliométricos para analizar métricas de investigación y técnicas de compostaje, incluyendo análisis de citas, coautoría y coincidencia de palabras clave, para identificar tendencias y patrones de investigación. Se incluyeron artículos publicados entre 2020 y 2024, sobre ciencias ambientales, energéticas y sociales. El análisis bibliométrico identificó 359 autores y 287 palabras clave, destacando la importancia del compostaje a nivel mundial. El compostaje es una estrategia eficaz para gestionar los residuos orgánicos, reducir los residuos de los vertederos y mejorar la calidad del suelo. Una revisión sistemática y un análisis bibliométrico proporcionan una visión integral de la tecnología de compostaje y sus beneficios, destacando la necesidad de implementarla, para lograr la sostenibilidad ambiental.

Palabras clave: compost, residuos sólidos, sostenibilidad ambiental, gestión, residuos orgánicos.

ABSTRACT

This study analyses the feasibility and effectiveness of composting as a core organic waste management strategy. A systematic literature review was conducted using PICO and PRISMA methodology to segment topics and keywords. The Scopus database yielded 33,880 relevant articles. Bibliometric methods were used to analyze composting research metrics and techniques, including citation analysis, co-authorship and keyword matching, to identify research trends and patterns. Articles published between 2020 and 2024, on environmental, energy and social sciences, were included. The bibliometric analysis identified 359 authors and 287 keywords, highlighting the importance of composting worldwide. Composting is an effective strategy to manage organic waste, reduce landfill waste and improve soil



quality. Systematic review and bibliometric analysis provide a comprehensive overview of composting technology and its benefits, highlighting the need to implement it to achieve environmental sustainability.

Keywords: compost, solid waste, environmental sustainability, management, organic waste

INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos municipales (RSM) representan uno de los desafíos más apremiantes de la gestión ambiental a nivel global. Con una estimación actual de 17 mil millones de toneladas anuales, se proyecta que esta cifra aumentará a 27 mil millones de toneladas anuales, para el año 2050, impulsado por el crecimiento demográfico y cambios en los patrones de consumo (Banco Mundial, 2018).

La fracción orgánica, conocida como residuo orgánico o BW, emerge como un factor crítico en el crecimiento de los residuos sólidos municipales en países en desarrollo. Esta fracción se caracteriza por un alto porcentaje de humedad (>70%), baja cantidad de carbono orgánico y fósforo total (TOC <35%), TP <1 %, y un contenido medio de nitrógeno total (TN < 1%), que representa un desafío significativo para su gestión adecuada (Lerma et al., 2024). En Malasia, se generan diariamente 16.688 toneladas de desperdicio de alimentos, de las cuales el 80 % se eliminan en vertederos a pesar de su potencial para el compostaje. Estas malas prácticas no sólo conllevan riesgos de contaminación del aire, suelo y agua, sino que también se desaprovecha una valiosa oportunidad para la conversión de desechos en recursos orgánicos (Saiphet y Kunta, 2023).

En Perú, la situación no es diferente, donde se genera un promedio anual de 8 450 715 toneladas de desechos sólidos municipales y solo el 54,94 % son destinados a rellenos sanitarios, los cuales enfrentan problemas de funcionamiento y riesgo de desplome (MINAM, 2024). El 69,03 % de los desechos sólidos generados provienen de las ciudades, y el compostaje es una alternativa segura y viable (Leal et al., 2023).

En la jurisdicción geopolítica de seis distritos en la provincia de Leoncio Prado en Perú utilizan el compostaje para tratar sus desechos orgánicos; mientras que, el resto se deposita en el río Huallaga, que es la principal fuente de agua de la zona. Por lo tanto, el estudio de las técnicas de procesamiento, caracterización y la determinación de la calidad del compost, permitirá optimizar la aplicación del compost (Ríos y Florida, 2023).

Los métodos tradicionales de eliminación, como el vertido en rellenos sanitarios y la incineración, son insostenibles a largo plazo y presentan serios riesgos ambientales, incluyendo la contaminación del suelo y el aire, y la emisión de gases de efecto invernadero.

Este estudio tiene como objetivo examinar la viabilidad y eficacia del compostaje como estrategia central para la gestión de residuos orgánicos. Además de, evaluar diversos métodos de compostaje y sus implicaciones, se destacarán casos de estudio específicos, como los de Malasia y Perú, para ilustrar la aplicabilidad y beneficios prácticos de estas técnicas. A través de esta investigación, se busca mostrar cómo el compostaje puede reducir significativamente la cantidad de desechos sólidos enviados a vertederos, mejorando la calidad del suelo y de esta manera poder contribuir a la sostenibilidad ambiental, ya que, en las últimas décadas, la gestión de los residuos orgánicos ha emergido como un desafío crítico, tanto para las comunidades urbanas como rurales, a nivel global.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con la revisión sistemática, en este estudio se utilizó la metodología PICO para poder

explorar el enfoque de una revisión sistemática. La metodología parte de una búsqueda intuitiva de varios estudios relacionados con el tema propuesto, incluidos los estudios sobre el uso y aplicación de subproductos en la industria alimentaria; se encontraron 33.880 artículos sobre este tema en la base de datos Scopus. Para determinar el alcance de la investigación, se aplicó el marco PICO. para segmentar temas de investigación en palabras clave para permitir búsquedas más exhaustivas dentro de Scopus.

Además, se realizó una búsqueda exhaustiva empleando filtros booleanos y bases de datos terminológicas (IATE). A partir de estos criterios aplicados, se llevó a cabo una búsqueda más sistemática en Scopus, considerando el periodo de publicación de los artículos en los últimos cinco años (2020–2024).

Formulaciones de presunta PICO

Pregunta general

Q1: ¿Cuál es la eficacia de diferentes métodos de compostaje en la transformación de desechos orgánicos en nutrientes en comparación con

otros métodos de gestión de residuos en diversos contextos ambientales y escalas de operación?

Preguntas específicas

EQ1: ¿Qué métodos de compostaje son más efectivos para la transformación de desechos orgánicos en nutrientes en contextos domésticos e industriales?

EQ2: ¿Cuáles son los beneficios y desafíos específicos asociados con cada método de compostaje?

EQ3: ¿Cómo se compara la eficiencia del compostaje con otros métodos de gestión de residuos en términos de impacto ambiental y reducción de volumen de residuos?

Formulación / selección de ecuaciones y motores de búsqueda

Para una búsqueda específica, se combinaron palabras clave con operadores booleanos como AND, NOT y OR, para obtener resultados más precisos y relevantes para una frase específica.

La Tabla 1 muestra las palabras clave con los operadores booleanos AND, NOT y OR; así como, los términos en comillas.

TABLA 1

Búsqueda de datos específicos

Base de Datos	Palabras /ecuación de búsqueda	Número de Artículos
Scopus	("Solid, organic and inorganic waste" OR "Population growth" OR "Environment" OR "Public health") AND ("Solid waste evaluation" OR "Waste treatments" OR "Soil enrichment" OR "Composting") AND ("Landfill" OR "Soil Enrichment" OR "Composting") AND ("Soil Pollution" OR "Composting" OR "Nutrients" OR "Poor Soils" OR "Product") AND ("Urban Area"OR " Industrial Zone" OR "Food")	928

Antes de realizar la revisión, los autores establecieron los estándares de inclusión y exclusión. Para evitar sesgos, la selección de los artículos dependerá de varios estándares, incluidos el período a revisar, el idioma, el tipo de estudio, la fuente, el impacto y la accesibilidad (Carrera et al., 2022).

Criterios de inclusión

- Artículos de los últimos cinco años (2020 -

2024).

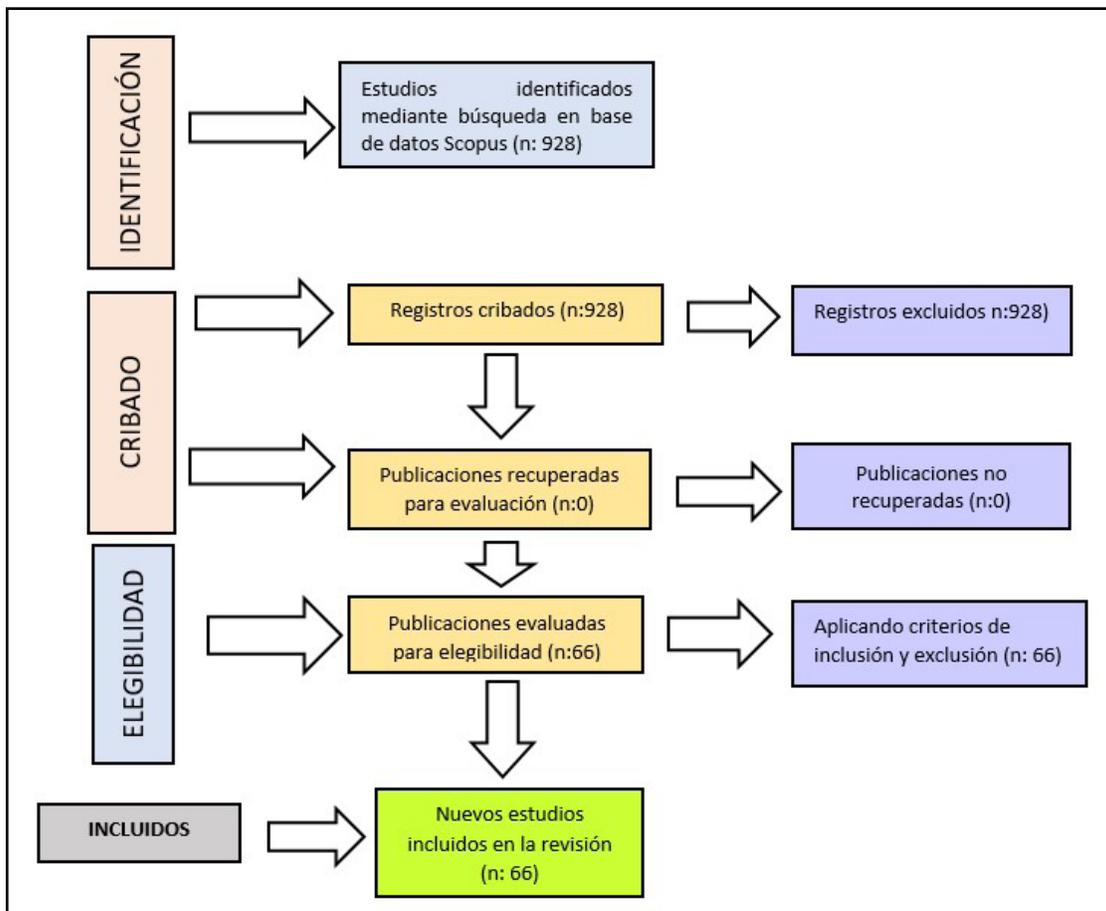
- Área temática: Ciencia medioambiental, Energía, Ciencias Sociales.
- Publicaciones en idiomas español e inglés.
- Todos los países.

Criterios de exclusión

- Publicaciones con más de cinco años.

FIGURA 1

Diagrama de flujo según metodología PRISMA de estudios identificados, excluidos e incluidos



Después de completar la búsqueda inicial en la base de datos de Scopus de manera sencilla y con filtros, se implementó la metodología BIBLIOMETRIX, para analizar los indicadores de investigación y evaluar las técnicas de compostaje, para convertir desechos orgánicos en nutrientes; además, se identificaron

tendencias, patrones y áreas emergentes en la investigación sobre este tema. La Figura 2 muestra los indicadores bibliométricos de la evaluación de métodos de compostaje.

FIGURA 2

Indicadores bibliométricos de la investigación en la evaluación de métodos de compostaje



En la Figura 3 se muestran las palabras relevantes mediante la red de concurrencia.

FIGURA 3

Palabras relevantes mediante la red de Concurrencia

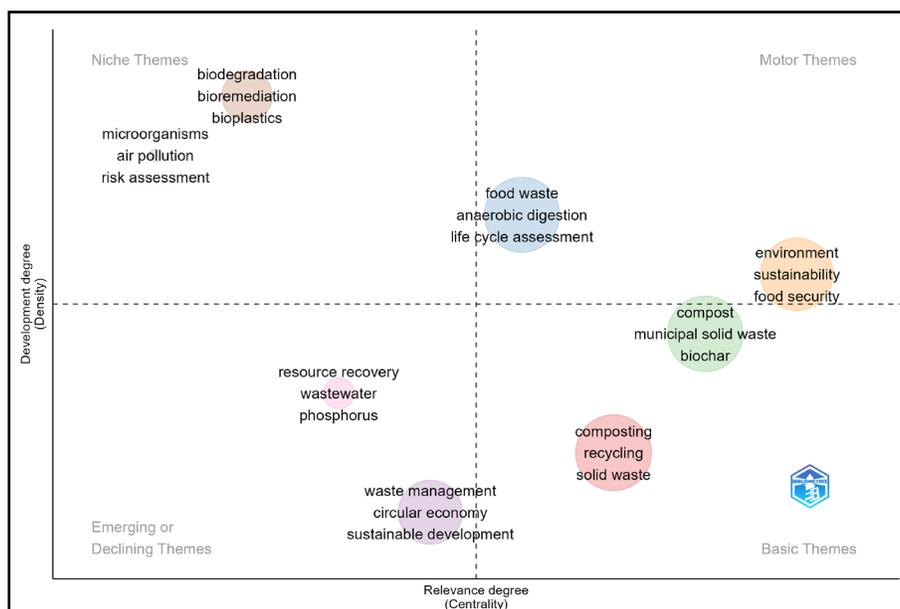


A partir de la red de coocurrencia, se permitió crear un mapa temático que ilustra visualmente la agrupación y relación de los temas de investigación; destacando las áreas de mayor interés y facilitando

la comprensión de cómo se interconectan diferentes conceptos y temas dentro del campo del compostaje (Fig. 4).

FIGURA 4

Mapa temático



RESULTADOS

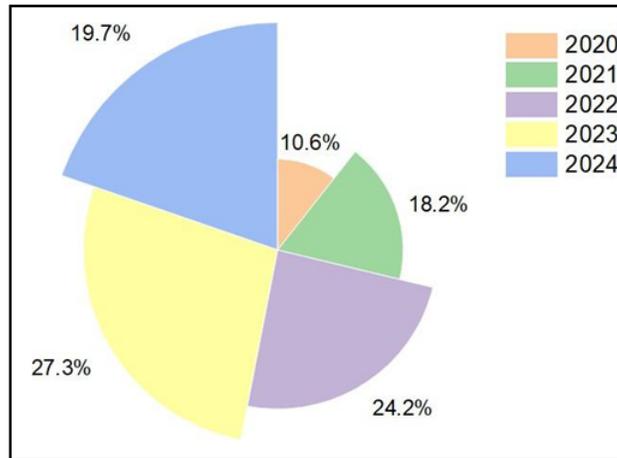
Se incluyeron 66 artículos, evaluándose cada una de forma detallada sobre el adecuado uso del compostaje en suelos escasos de nutrientes. La Figura 5 muestra las publicaciones de las

investigaciones según el año.

Resultado del año de publicación de las investigaciones

FIGURA 5

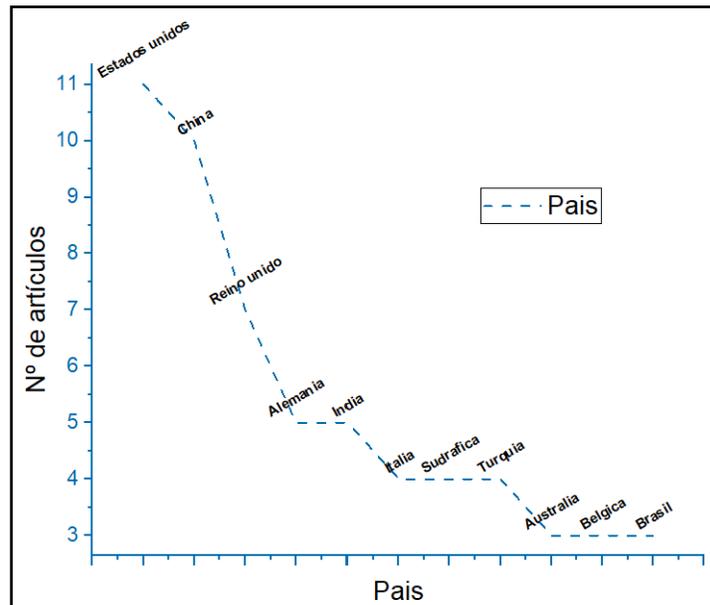
Publicaciones sobre la eficiencia de la evaluación de métodos de compostaje según año



En la Figura 6 se muestra el número de artículos publicados según país a nivel mundial

FIGURA 6

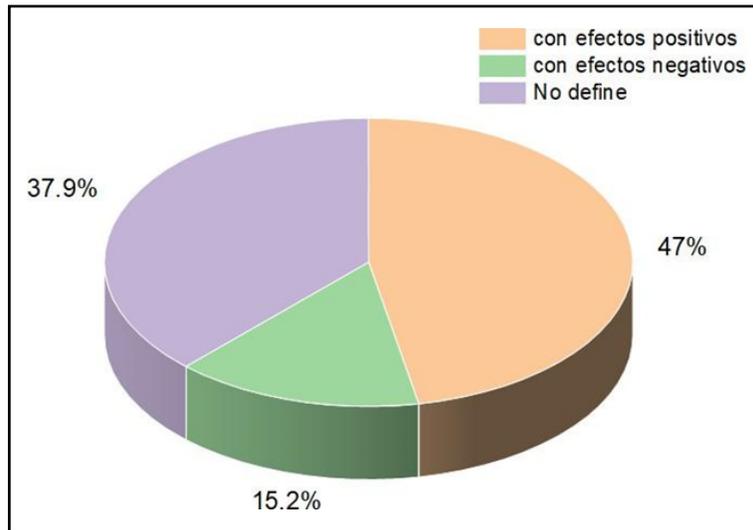
Número de artículos publicados en cada país a nivel mundial.



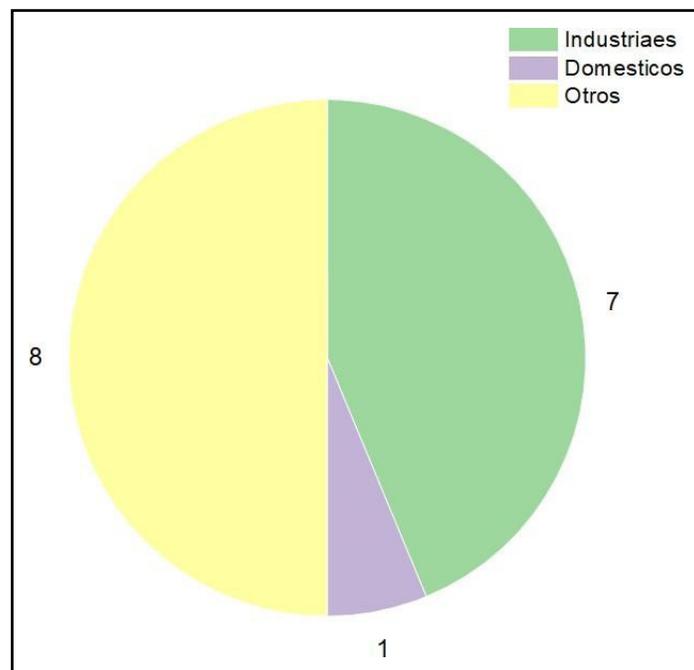
Resultados para la primera pregunta Q1

Q1: ¿Cuál es la eficacia de diferentes métodos de compostaje en la transformación de desechos

orgánicos en nutrientes en comparación con otros métodos de gestión de residuos en diversos contextos ambientales y escalas de operación?

FIGURA 7*Eficacia de diferentes métodos de compostaje*

EQ1: ¿Qué métodos de compostaje son más orgánicos en nutrientes en contextos domésticos e efectivos para la transformación de desechos industriales?

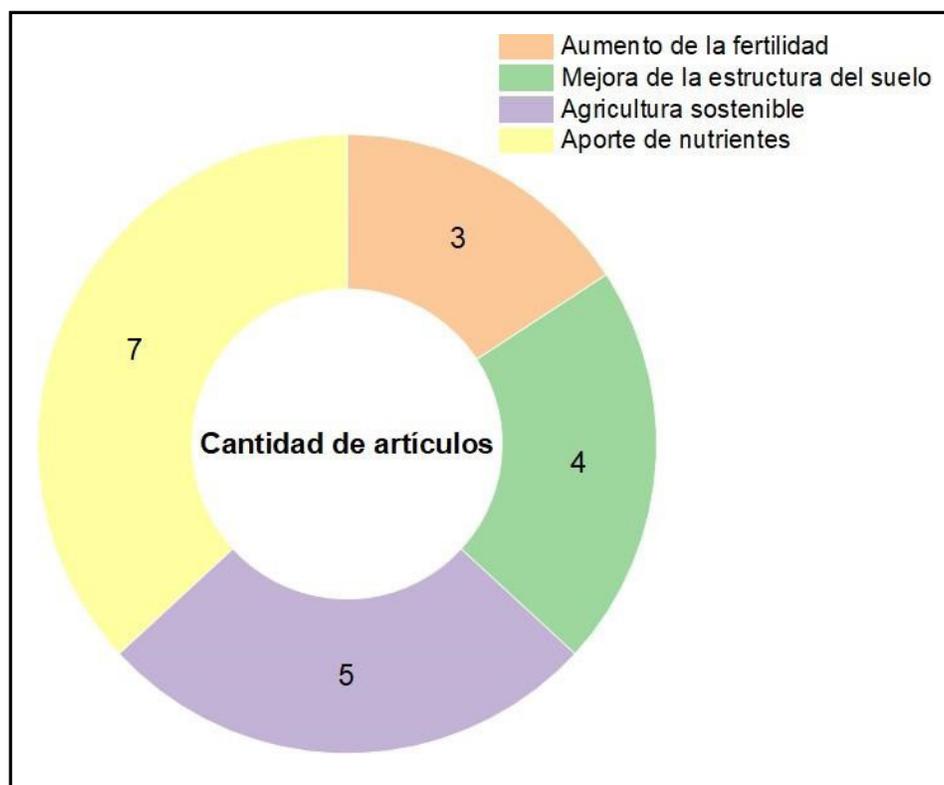
FIGURA 8*Producción de desechos orgánicos*

EQ2: ¿Cuáles son los beneficios y desafíos específicos asociados con cada método de compostaje?

Para poder responder de manera precisa la pregunta

Q2 PICO, se derivan en tres sub-preguntas.

EQ2 – 1: ¿Qué beneficios de enriquecimiento de suelos se han encontrado?

FIGURA 9*Beneficios de enriquecimiento de suelos*

EQ2 – 2: ¿Qué desafíos se han encontrado para el tratamiento del compostaje?

TABLA 2*Desafíos para el tratamiento del compostaje*

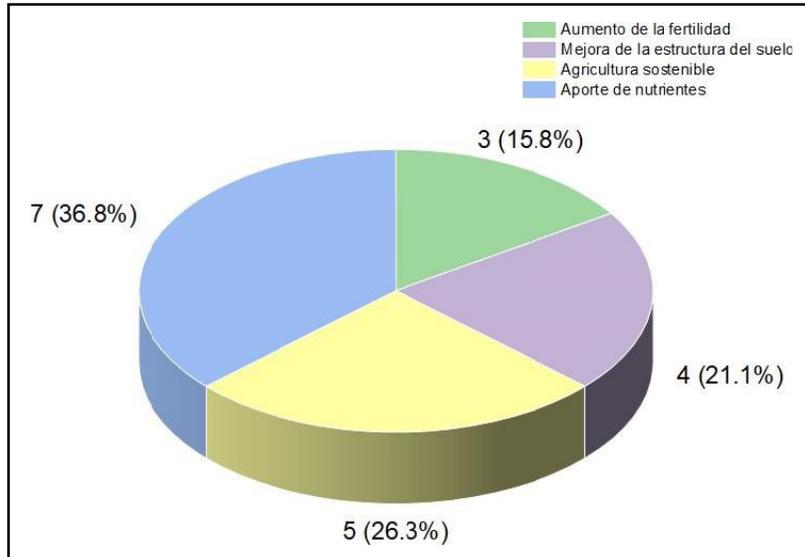
Desafíos para el tratamiento	Cantidad de artículos
control de temperatura y humedad	1
participación comunitaria	2
tiempo y espacio requerido	1
olor y gestión de residuos	1
TOTAL	5

Q2 – 3:

¿Qué manejos y costos hubo en la obtención del compostaje?

FIGURA 10

Fuentes para definir manejos y costos en la obtención del compostaje



Resultados para la pregunta EQ3

Q3: ¿Cómo se compara la eficiencia del compostaje con otros métodos de gestión de residuos en términos de impacto ambiental y reducción de volumen de residuos?

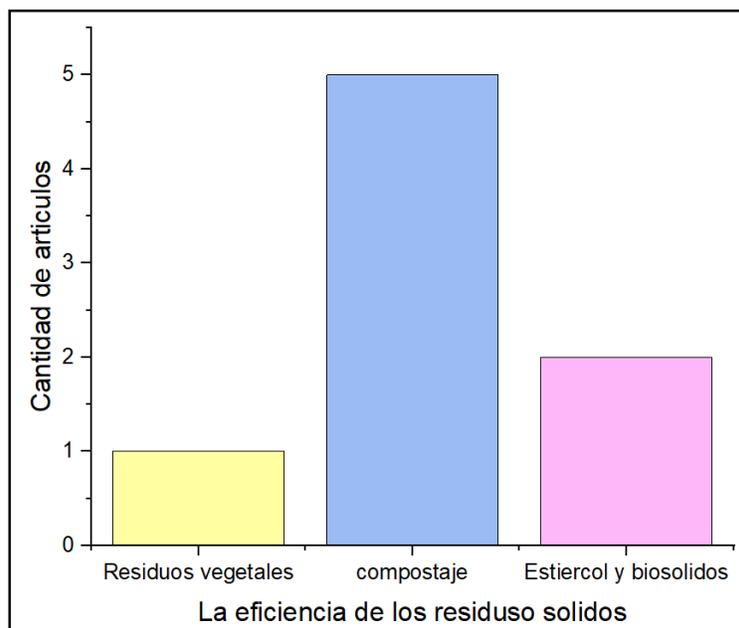
Para poder responder de manera precisa la pregunta Q3 PICO, se han derivado en dos subpreguntas.

Q3 – 1:

¿Cuál es la eficiencia de los residuos sólidos en suelos escasos de nutrientes?

FIGURA 11

Fuentes usadas para definir la eficiencia de los residuos sólidos en suelos

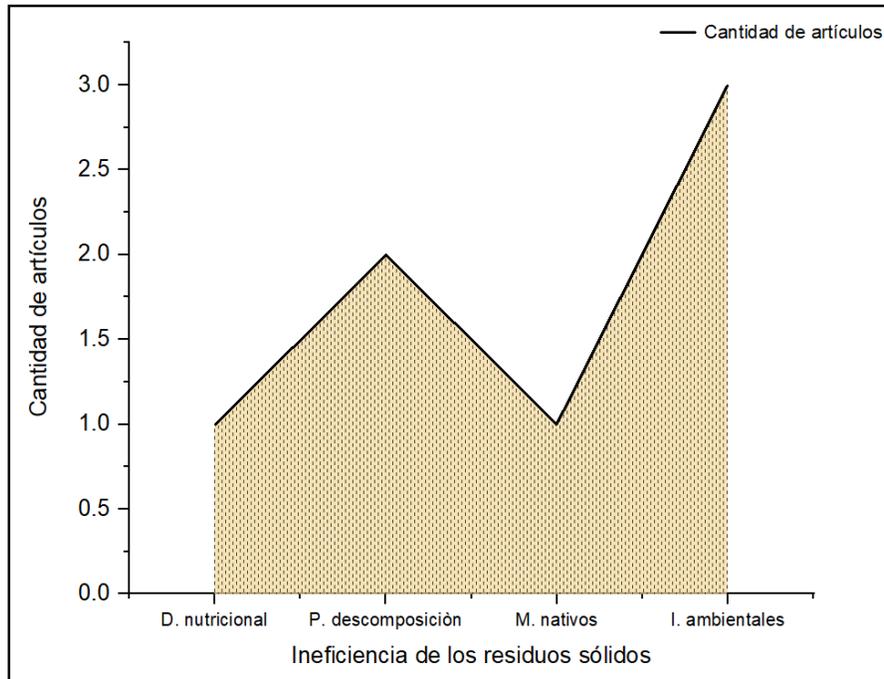


Q3 – 2:

¿Cuál es la ineficiencia de los residuos sólidos en suelos escasos de nutrientes?

FIGURA 12

Fuentes usadas para definir la ineficiencia de los residuos sólidos en suelos escasos.

**DISCUSIÓN**

Q1: ¿Cuál es la eficacia de los diferentes métodos de compostaje en la transformación de desechos orgánicos en nutrientes, frente a otros métodos de gestión de residuos orgánicos en diversos contextos ambientales?

La eficacia de los diferentes métodos de compostaje en la transformación de desechos orgánicos en nutrientes y sus impactos ambientales varía según el contexto y los métodos específicos empleados. Un estudio integró el compostaje en tambor rotatorio de residuos orgánicos escolares y valorización del compost, destacando la innovación potencial en la retención de nutrientes, mejora estructural del suelo y la eficacia de productos.

En el estudio de Almulla et al. (2024), el contenido de humedad de la materia prima se mantuvo constante entre 54 y 60%. El pH inicial de 7,41 aumentó gradualmente hasta alcanzar 8,62 el día 50; mientras que, la conductividad eléctrica

disminuyó de 5,02 mS/cm a 2,71 mS/cm. El contenido total de carbono orgánico en la materia prima se redujo del 30,77 % al 17,76 % durante el compostaje. La actividad bacteriana en este proceso se incrementó del 0,26 % en la concentración de nitrógeno el día 29 y una disminución del 10,76 % en el contenido de carbono el día 43, contribuyendo así a una relación C: N más favorable (Almulla et al., 2024).

Así mismo Gaspar et al. (2022) mediante la aplicación de la dinámica de la microbiota y caracterización fisicoquímica de residuos alimentarios en un nuevo tipo de compostador, menciona que, durante el proceso de compostaje, se registraron cambios significativos en varios parámetros importantes. La materia orgánica inicialmente presentó valores de 29,0 %, 21,8 %, y 24,5 %, los cuales disminuyeron a 19,1 %, 13,6 %, y 14,2 % al final del proceso. Esto representa una reducción del 9,9 %, 8,2 %,

y 10,3 % en los tratamientos control, MS (medio saturado), e ISB (índice de saturación de bases), respectivamente.

En cuanto al fósforo disponible, se observó un aumento considerable durante el compostaje, alcanzando niveles de 423,3 mg/dm³ en el tratamiento control, 545,9 mg/dm³ en el tratamiento EM, y 577,4 mg/dm³ en el tratamiento CI al final del proceso. Por otro lado, los niveles de potasio (K) mostraron cambios mínimos. Inicialmente, los valores fueron de 15,3 cmol/dm³ (control), 11,7 cmol/dm³ (EM), y 10,6 cmol/dm³ (CI); mientras que, al finalizar el compostaje, estos valores apenas variaron, con registros ligeramente superiores de 15,5 cmol/dm³ (control), 12,3 cmol/dm³ (EM) y 13,4 cmol/dm³ (CI). Estos resultados indican que el proceso de compostaje no afectó significativamente a la composición de la materia orgánica y los niveles de nutrientes como fósforo y potasio, siendo estos últimos más estables a lo largo del proceso.

Comparativamente, el impacto del tratamiento termomecánico y químico de los residuos de granos gastados de cervecera y la degradación del suelo de los biocompositos sostenibles basados en Mater-Bi, mostraron un comportamiento diferencial en los materiales que contenían relleno durante el estudio, donde hubo un incremento notable en el grosor de las 00 muestras, debido al efecto de hinchamiento de las partículas del relleno expuestas a condiciones de alta humedad a largo plazo. Las muestras con relleno tratado solo con tratamiento termomecánico, se observó una fractura más extensa de la superficie después de 4 semanas (180/0) y 8 semanas (240/0) de envejecimiento. Este efecto sugiere que el tratamiento termomecánico del BSG (cáscaras de semillas de cebada) podría inhibir la biodegradación de las muestras, posiblemente debido a propiedades antioxidantes y antimicrobianas mejoradas, probablemente relacionadas con el aumento en el contenido de

melanoidinas (Hejna et al., 2022).

Además, en la aplicación de la sostenibilidad de los residuos urbanos mediante el compostaje comunitario en la megaciudad de São Paulo, se compostaron un total de 20,28 toneladas de residuos orgánicos domésticos, lo cual equivalió a un ahorro estimado de 27,662 libras de CO₂. La cantidad de residuos orgánicos recolectados varió significativamente de un año a otro. Se recolectaron 4,802 kg en 2018, 7,984 kg en 2019, 2,864 kg en 2020 y 4,627 kg en 2021. El período total de maduración del compost varió entre 154 y 259 días; teniendo como producto final de este proceso la ausencia de olores desagradables y menos del 1 % del material consistía en contaminantes visibles como vidrio o plástico, según la evaluación visual realizada (Hejna et al., 2022).

EQ1: ¿Qué métodos de compostaje son más efectivos para la transformación de los desechos orgánicos provenientes de contextos domésticos e industriales?

El compostaje, tanto en contextos domésticos como industriales, juega un papel crucial en la gestión sostenible de residuos orgánicos a bajo costo. Aunque los porcentajes exactos pueden variar, en general, se estima que el compostaje puede reducir el volumen de residuos orgánicos en un rango de 30 a 50 %, dependiendo de factores como el tipo de residuos, la temperatura, la humedad y la gestión del proceso. Esta reducción se debe a la descomposición de la materia orgánica durante el proceso de compostaje, donde los microorganismos aeróbicos descomponen los residuos y transforman los nutrientes en forma utilizable para el suelo y las plantas. (Ramdani y Bounazef, 2022).

Por otro lado, en entornos industriales, el compostaje aeróbico se presenta como una opción altamente eficiente para gestionar grandes volúmenes de residuos orgánicos. Desde una perspectiva cuantitativa, este método permite

procesar cantidades significativas de residuos, logrando reducciones sustanciales en el volumen original de materia orgánica. Los estudios indican que el compostaje industrial aeróbico puede reducir los residuos orgánicos en un porcentaje que puede llegar hasta el 70 % de su volumen original, dependiendo de las condiciones específicas del proceso y de la tecnología utilizada (Pan, 2021). Sin embargo, más allá de la eficiencia en la transformación de desechos en nutrientes, es crucial evaluar el impacto ambiental y sanitario de los métodos de compostaje (Ramdani y Bounazef, 2022).

Estudios como la Evaluación del Ciclo de Vida (LCA, por sus siglas en inglés) de la gestión de residuos orgánicos en diferentes regiones ofrecen perspectivas sobre la huella ambiental de estas prácticas. Además, la biodegradabilidad de residuos farmacéuticos durante el compostaje es un área de preocupación creciente, ya que puede afectar la calidad del compost y la salud del suelo (Xiao, 2021).

EQ2: ¿Cuáles son los beneficios y desafíos específicos asociados con cada método de compostaje?

El compostaje aeróbico se caracteriza por su capacidad para mejorar la estructura del suelo y aumentar su capacidad de retención de agua, especialmente durante las fases mesófila, termófila, de enfriamiento y de curado. Estudios han demostrado que este método puede incrementar la porosidad del suelo en un promedio del 20 % y mejorar la retención de agua en un 25 % respecto a su estado inicial. Además, durante estas fases, se observa una liberación de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, enriqueciendo el suelo y favoreciendo un aumento promedio del 30 % en la biomasa microbiana del suelo. No obstante, la gestión de olores constituye un desafío significativo. Se estima que medidas efectivas de control de olores, como el volteo regular del compost y el

ajuste adecuado de la relación carbono-nitrógeno, pueden reducir la producción de compuestos volátiles hasta en un 80 %, mejorando así la aceptación comunitaria del proceso de compostaje aeróbico. Mantener la temperatura dentro del rango óptimo de 45-65°C durante las fases críticas es crucial para una descomposición eficiente de los residuos orgánicos, asegurando una reducción de hasta el 70 % en el tiempo total de compostaje y maximizando la calidad del compost final (Liu et al., 2022).

Por otro lado, el compostaje termófilo presenta beneficios cuantificables adicionales, como una capacidad amortiguadora del pH en suelos elevados mejorada en un 15 % en promedio, comparado con métodos convencionales. Además, este método logra una reducción significativa de las emisiones de CO₂, disminuyéndolas hasta en un 40 % durante el proceso de compostaje. La generación de temperaturas más altas acelera la descomposición de materiales orgánicos, resultando en un compost de alta calidad con un contenido de nutrientes incrementado en aproximadamente un 25 % en comparación con otros métodos (Nenciu et al., 2022).

La digestión anaeróbica se destaca por su capacidad para producir biogás a partir de residuos orgánicos como los recortes de césped, ofreciendo una fuente alternativa y sostenible de energía. Este proceso puede generar biogás en una cantidad aproximada de 0.5 a 1 m³/kg de residuos orgánicos digeridos. Además, durante la descomposición de los materiales orgánicos, la digestión anaeróbica enriquece el suelo con nutrientes esenciales, aumentando el contenido de nitrógeno y fósforo en el compost final en un promedio del 20 % (Bandini et al., 2020).

Entre los desafíos comunes que enfrentan estos métodos de compostaje se encuentra la necesidad crítica de gestionar adecuadamente

la relación carbono/nitrógeno, para optimizar la descomposición. Mantener una relación equilibrada puede mejorar la eficiencia del proceso hasta en un 30 %, asegurando una descomposición más completa de los materiales orgánicos y reduciendo la acumulación de residuos no degradados. Además, la presencia creciente de microplásticos en suelos agrícolas representa un desafío emergente significativo. Se estima que hasta un 80 % de los microplásticos presentes en los suelos agrícolas pueden ser eliminados eficazmente mediante procesos de compostaje aeróbico y anaeróbico, siempre que se implementen protocolos adecuados y tecnologías innovadoras (Lwanga et al., 2023).

EQ3: ¿Cómo se compara la eficiencia del compostaje con otros métodos de gestión de residuos en términos de impacto ambiental y reducción de volumen de residuos?

El compostaje emerge como una opción altamente eficiente y sostenible para la gestión de residuos orgánicos en comparación con métodos tradicionales como la incineración o el vertido en vertederos. Este proceso no sólo transforma los residuos orgánicos en compost rico en nutrientes, sino que también ofrece una serie de beneficios ambientales significativos (Liu et al., 2022).

Así mismo, el compostaje incrementa la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos al descomponer materiales orgánicos. Se estima que este proceso puede liberar nitrógeno en formas asimilables por las plantas en cantidades que pueden aumentar la disponibilidad del nutriente en el suelo hasta en un 25 % respecto a niveles iniciales. Además, el compostaje facilita la liberación de fósforo y potasio en formas fácilmente absorbibles, mejorando la fertilidad del suelo y potenciando el rendimiento agrícola en un promedio de un 30% en áreas con suelos empobrecidos (Almulla et al., 2024).

Además, el compostaje reduce significativamente

la proliferación de microorganismos patógenos en comparación con métodos anaeróbicos, como la digestión, que pueden no controlar adecuadamente las condiciones ambientales. Esto no solo mejora la calidad del compost, sino que también reduce los riesgos para la salud humana y ambiental (Li et al., 2022).

De la misma manera, otro aspecto destacado del compostaje es su alta eficiencia en la recuperación de nutrientes. Los nutrientes presentes en los residuos orgánicos se conservan en el compost final, lo que promueve la economía circular al reutilizar recursos de manera efectiva en la agricultura y otros sectores (Leal et al., 2023).

Asimismo, el compostaje contribuye activamente a la mitigación del cambio climático al almacenar carbono orgánico en el suelo. Estudios han demostrado que el compostaje puede secuestrar hasta una tonelada de carbono por hectárea por año en jardines comunitarios y áreas agrícolas enriquecidas con compost. Este proceso, no solo ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también mejora la resiliencia climática al aumentar la capacidad del suelo, para retener agua y nutrientes, promoviendo así un ciclo de carbono más eficiente y sostenible en el ambiente agrícola (Hassan et al., 2023).

Por otro lado, la incineración genera emisiones nocivas y la disposición en vertederos; conlleva riesgos ambientales y desperdicio de recursos. El compostaje se destaca por su capacidad para cerrar ciclos de nutrientes y materiales de manera segura y sostenible. Este enfoque no solo reduce la cantidad de residuos que terminan en vertederos, sino que también promueve prácticas agrícolas más sostenibles y reduce la dependencia de fertilizantes químicos (Roy et al., 2021).

DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

Uno de los principales retos es la eficiencia de los métodos de compostaje. Mientras algunos métodos prometen una descomposición rápida y una alta calidad de nutrientes, otros enfrentan dificultades significativas, ya que cada técnica tiene sus propias ventajas y limitaciones en cuanto a la velocidad de descomposición y la calidad de los nutrientes producidos. Además, el tiempo y el costo asociados con cada método pueden variar mucho, afectando su viabilidad y aplicabilidad en una variedad de entornos, desde pequeños jardines hasta grandes áreas agrícolas.

El tratamiento adecuado de los residuos orgánicos también es un desafío, ya que se deben controlar aspectos como la humedad, el olor y la estructura del compost, para garantizar la eficiencia del proceso. A medida que avanza la tecnología, surgen innovaciones que pueden hacer que los métodos de compostaje sean más eficientes, reduciendo el tiempo de procesamiento y los costos asociados. En un mundo cada vez más centrado en la sostenibilidad, las técnicas de compostaje pueden conducir a prácticas más ecológicas y sostenibles que ayuden a reducir la huella de carbono y promover una economía circular. Además, existe un interés creciente en ampliar las aplicaciones del compostaje desde áreas urbanas a entornos industriales, brindando nuevas oportunidades para el reciclaje de nutrientes. Finalmente, el futuro del proceso de compostaje es asombroso con un potencial significativo, para contribuir a la sostenibilidad ambiental y la economía circular. Dado que se adoptan medidas de compostaje, se pueden transformar los desperdicios en recursos valiosos beneficiando, tanto al medio ambiente como a las comunidades.

CONCLUSIONES

El compostaje se destaca como un método altamente eficiente y sostenible para la gestión de residuos orgánicos, ofreciendo una serie de

beneficios significativos tanto ambientales como agrícolas.

La gestión eficaz de los residuos orgánicos mediante métodos como el compostaje emerge como una respuesta integral y sostenible a los desafíos ambientales y agrícolas contemporáneos. Este enfoque no sólo transforma los desechos en recursos valiosos como compost nutritivo, sino que también promueve la salud del suelo, mejora la fertilidad agrícola y reduce la dependencia de fertilizantes químicos.

El compostaje contribuye significativamente a la mitigación del cambio climático al almacenar carbono en el suelo y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Comparado con otros métodos de gestión de residuos, el compostaje destaca por su capacidad para cerrar ciclos de nutrientes de manera segura, promover prácticas agrícolas sostenibles y fomentar la economía circular; sin embargo, enfrenta desafíos como la gestión adecuada de olores y temperatura; así como, la necesidad de educación y conciencia ambiental, para su adopción generalizada.

Integrar el compostaje en políticas públicas y prácticas comunitarias puede conducir a sistemas más resilientes y sostenibles, beneficiando tanto al medio ambiente como a las comunidades locales a largo plazo.

La adopción de envases biodegradables de origen vegetal no solo representa una solución efectiva, para reducir la contaminación ambiental, sino que también abre nuevas oportunidades de innovación y desarrollo sostenible en la industria alimentaria.

La tendencia creciente hacia la utilización de materiales naturales y la publicación de investigaciones recientes en este campo indican un cambio positivo hacia prácticas más responsables

y respetuosas con el medio ambiente, marcando un camino hacia un futuro más sostenible y equilibrado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almulla, L., Thomas, B., Jallow, M., Al-Roumi, A., Devi, Y., & Jacob, J. (2024). Rotary Drum Composting of Organic School Wastes and Compost Valorization. *Sustainability*, *16*(6), 2428. <https://doi.org/10.3390/su16062428>
- Banco Mundial (2018). *Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>
- Bandini, F., Misci, C., Taskin, E., Cocconcelli, P., & Puglisi, E. (2020). Biopolymers modulate microbial communities in municipal organic waste digestion. *FEMS Microbiology ecology*, *96*(10), fiaa183. doi: 10.1093/femsec/fiaa183.
- Carrera, A., Ochoa, W., Larrinaga, F., & Erle, G. (2022). How- to Conduct a Systematic Literature Review: a quick guide for computer science research. *MethodsX*, *9*, 101895. [https://methods-x.com/article/S2215-0161\(22\)00274-6/fulltext](https://methods-x.com/article/S2215-0161(22)00274-6/fulltext)
- Gaspar, S., Assis, L., Carvalho, C., Buttrós, V., Ferreira, G., Schwan, R., Pasqual, M., Rodrigues, F., Rigobelo, E., Castro, R., & Dória J. (2022). Dynamics of microbiota and physicochemical characterization of food waste in a new type of composter. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *6*, DOI:10.3389/fsufs.2022.960196
- Hassan, N., Badawi, E., & Mostafa, D. (2023). Composting: an eco-friendly solution for organic waste management to mitigate the effects of climate change. *Innovare Journal of Social Sciences*, *11*(4), 1–7. <https://doi.org/10.22159/ijss.2023.v11i4.48529>
- Hejna, A., Barczewski, M., Kosmela, P., Mysiukiewicz, O., Aniśko, J., Sulima, P., Andrzej, J., & Reza, M. (2022). The impact of thermomechanical and chemical treatment of waste Brewers' spent grain and soil biodegradation of sustainable Mater-Bi-Based biocomposites. *Waste management*, *154*, 260-271. doi: 10.1016/j.wasman.2022.10.007.
- Leal, W., Ribeiro, P., Setti, A., Azam, F., Abubakar, I., Castillo, J., Tamayo, U., Özuyar, P., Frizzo, K., & Borsari, B. (2023). Toward food waste reduction at universities. *Environment Development and Sustainability*, *26* (7), 16585 – 16606. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-03300-2>.
- Lerma, R., López, J., Suárez, F., Martínez, M., Jurado, M., Estrella, M., Toribio, A., Jiménez, R., & López, M. (2024). Antioxidant and biofertilizing effect of compost extracts on horticultural crops to minimize the use of agrochemicals. *Environmental Technology & Innovation*, *36*(103776), 103776. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103776>
- Li, H., Xu, Y., Zheng X., Tan, L., Cheng, W., Zhang, C., Wang, Q., Yang, B., & Gao, Y. (2022). Optimising mixed aerobic and anaerobic composting process parameters for reducing bacterial pathogenicity in compost-derived products. *Journal of Environmental Management*, *304*, 114293. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114293>
- Liu, T., Zhang, Q., Kang, X., Hou, J., Luo, T., & Zhang, Y. (2022). Household Food Waste to Biogas in Västerås, Sweden: A Comprehensive Case Study of Waste Valorization. *Sustainability*, *14*(19), 11925. <https://doi.org/10.3390/su141911925>.

- Lwanga, E., van Roshum, I., Munhoz, D., Meng, K., Rezaei, M., Goossens, D., Bijsterbosch, J., Alexandre, N., Oosterwijk, J., Krol, M., Peters, P., Geissen, V., & Ritsema, C. (2023). Microplastic appraisal of soil, water, ditch sediment and airborne dust: The case of agricultural systems. *Environmental Pollution*, *1*, 316, 120513. doi: 10.1016/j.envpol.2022.120513.
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2024). *Más de 148 500 toneladas de residuos sólidos municipales son valorizados en el país*. <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/955458-mas-de-148-500-toneladas-de-residuos-solidos-municipales-son-valorizados-en-el-pais>
- Nenciu, F., Stanciulescu, I., Vlad, H., Gabur, A., Turcu, O. L., Apostol, T., Vladut, V., Cocarta, D., & Stan, C. (2022). Decentralized Processing Performance of Fruit and Vegetable Waste Discarded from Retail, Using an Automated Thermophilic Composting Technology. *Sustainability*, *14*(5), 2835. <https://doi.org/10.3390/su14052835>
- Pan I. (2021). Exploration for Thermostable β -Amylase of a *Bacillus* sp. Isolated from Compost Soil to Degrade Bacterial Biofilm. *Microbiology Spectrum*. *9*(2), e0064721. doi: 10.1128/Spectrum.00647-21.
- Ramdani, N., & Bounazef, M. (2022). Environmental management: Modelling Plants Nutrients Values During the Composting Process. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, *18*, 555–564. <https://doi.org/10.37394/232015.2022.18.54>
- Ríos, E., & Florida, N. (2024). Caracterización de compost de residuos sólidos orgánicos urbanos de seis distritos de la provincia Leoncio Prado, Perú. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, *26*(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v26.n1.2023.2371>
- Roy, E., Esham, M., Jayathilake, N., Otoo, M., Koliba, C., Wijethunga, I., & Fein, M. (2021). Compost quality and markets are pivotal for sustainability in circular food-nutrient systems: A case study of Sri Lanka. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, *5*. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.748391>
- Saipheth, A., & Kunta, K. (2023). Municipal food waste management and its greenhouse gas emission in Thailand: A case study of 8 municipalities. *Environmental Research, Engineering and Management*, *79*(3), 60–74. <https://doi.org/10.5755/j01.erem.79.3.33014>
- Xiao, Z., Zhang, Y., Li, G., Carter, L. J., Wang, H., Ding, J., Chan, F., Hao, Y., & Xu, Y. (2021). Application of pharmaceutical waste sludge compost alters the antibiotic resistome in soil under the Chinese cabbage system. *Journal of Cleaner Production*, *291*, 125229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125229>