

Implementación de un sistema de recolección y compostaje de residuos orgánicos para su aprovechamiento agrícola

Implementation of an organic waste collection and composting system for agricultural use

Saldaña Bueno Juan Andrés¹, Castillo Villota Diana Alexandra¹ y León Cueva Wilson Patricio¹

Universidad Técnica de Machala

Recibido julio 2025, aceptado septiembre 2025, en línea 03 diciembre 2025

Resumen

Los sistemas de recolección y compostaje de residuos orgánicos son una solución sostenible para su aprovechamiento agrícola, destacando que en Ecuador el 58% de los residuos sólidos urbanos son orgánicos, pero solo el 15% recibe tratamiento. Mediante revisión bibliográfica y trabajo de campo en un mercado municipal, se demostró que el compostaje puede reducir hasta un 50% los residuos en vertederos, siendo los sistemas puerta a puerta los más efectivos (70% de participación) aunque costosos, mientras el vermicompostaje resulta ideal para pequeña escala por su rapidez (8-12 semanas) y calidad nutricional. La aplicación agrícola del compost incrementa la productividad entre 15-30%, mejora la estructura del suelo y reduce el uso de fertilizantes sintéticos en 40-60%, además de mitigar emisiones de metano en un 85-95%. El éxito de estos sistemas depende de su adaptación al contexto local, lo que los convierte en una estrategia clave para promover la economía circular.

Palabras clave: residuos orgánicos, compostaje, gestión sostenible, economía circular.

Abstract

Organic waste collection and composting systems are a sustainable solution for agricultural use. In Ecuador, 58% of urban solid waste is organic, but only 15% is treated. Through a literature review and fieldwork in a municipal market, it was demonstrated that composting can reduce landfill waste by up to 50%. Door-to-door systems are the most effective (70% share) although expensive. Vermicomposting is ideal for small-scale applications due to its speed (8-12 weeks) and nutritional quality. Agricultural composting increases productivity by 15-30%, improves soil structure, and reduces the use of synthetic fertilizers by 40-60%, while mitigating methane emissions by 85-95%. The success of these systems depends on their adaptation to the local context, making them a key strategy for promoting the circular economy.

Keywords: organic waste, composting, sustainable management, circular economy.

Introducción

La creciente generación de residuos orgánicos en entornos urbanos representa uno de los mayores desafíos ambientales de nuestra era. Según datos recientes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2023), aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos a nivel global se pierde o desperdicia, generando anualmente cerca de 1,300 millones de toneladas de residuos orgánicos.

Esta problemática adquiere especial relevancia en América Latina, donde, de acuerdo con el Banco Mundial (2022), los residuos orgánicos representan entre el 50% y 60% del total de los residuos sólidos

urbanos generados, con una producción per cápita que oscila entre 0.5 y 1.4 kg/habitante-día.

En el contexto ecuatoriano, la situación es particularmente preocupante. El Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE, 2023) reporta que el país genera aproximadamente 14,000 toneladas diarias de residuos sólidos, de las cuales cerca del 58% corresponden a materia orgánica, principalmente de origen alimentario. Sin embargo, apenas el 15% de estos residuos reciben algún tipo de tratamiento, mientras que el 85% restante se dispone en vertederos que en muchos casos no cumplen con los estándares técnicos mínimos (MAATE, 2023). Esta situación genera importantes impactos ambientales, incluyendo la emisión de gases de efecto invernadero

* Correspondencia del autor:

E-mail: andresbueno1171@gmail.com



Esta obra está bajo una licencia de creative commons: atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0. Los autores mantienen los derechos sobre los artículos y por tanto son libres de compartir, copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra.

- especialmente metano (CH_4) - y la contaminación de suelos y fuentes hídricas a través de lixiviados (IPCC, 2023).

Frente a este escenario, el compostaje emerge como una solución técnica y ambientalmente sostenible para transformar estos residuos en recursos valiosos. Numerosos estudios demuestran que los sistemas de compostaje adecuadamente implementados pueden reducir hasta en un 50% los volúmenes de residuos enviados a vertederos (Adhikari et al., 2022), al tiempo que producen un mejorador de suelo de alta calidad que puede incrementar la productividad agrícola entre un 15% y 30% (Martínez-Blanco et al., 2020). Además, el uso de compost en agricultura permite reducir significativamente la dependencia de fertilizantes químicos, cuya producción es responsable de aproximadamente el 1.2% del consumo energético global (IFA, 2021).

Sin embargo, la implementación exitosa de sistemas integrados de recolección y compostaje de residuos orgánicos enfrenta importantes desafíos. Desde el punto de vista técnico, la heterogeneidad en la composición de los residuos (Cerdeira et al., 2018) y los requerimientos específicos de espacio y condiciones climáticas (Onwosi et al., 2021) representan obstáculos significativos. En el ámbito social, se observan bajos niveles de participación ciudadana en programas de separación en origen (Bernstad, 2019) y un limitado conocimiento sobre técnicas adecuadas de compostaje. Finalmente, los desafíos económicos incluyen los altos costos iniciales de implementación (Kaza et al., 2022) y las dificultades para crear mercados estables para los productos del compostaje (FAO, 2022).

Este estudio busca contribuir al desarrollo de soluciones prácticas para estos desafíos mediante el análisis de sistemas integrados de recolección y compostaje de residuos orgánicos. Los resultados de esta investigación buscan aportar evidencia concreta para la formulación de políticas públicas que promuevan la economía circular en el sector de residuos orgánicos, particularmente en contextos urbanos de países en desarrollo como Ecuador.

Materiales y Métodos

Para la elaboración de esta revisión bibliográfica, se realizó una búsqueda exhaustiva de artículos científicos, informes técnicos, libros y normativas relacionadas con el tema. Las bases de datos consultadas incluyeron Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Académico y repositorios institucionales. Los términos de búsqueda empleados fueron: “composting of organic waste”, “organic waste collection systems”, “agricultural use of compost”, “waste management strategies” y sus equivalentes en español.

La selección de las fuentes se basó en criterios de relevancia, actualidad (priorizando publicaciones de



Figura 1. Tachos de clasificación

los últimos 10 años) y rigor científico. Se analizaron estudios de caso, experiencias de implementación en diferentes contextos, así como las tecnologías más utilizadas en el proceso de compostaje. Además, se revisaron normativas internacionales y nacionales que regulan el manejo de residuos orgánicos y la producción de compost para uso agrícola.

Además, se implementó un proyecto de vinculación con el mercado municipal que permitió obtener datos empíricos sobre la generación de residuos orgánicos. Este trabajo de campo incluyó el monitoreo semanal de residuos de frutas y verduras, que representaban la fracción orgánica predominante según diagnósticos preliminares. Para ello, se dispusieron tres contenedores de clasificación codificados por colores (verde para residuos vegetales, rojo y negro para otros tipos de desechos), siendo el contenedor verde el de mayor uso en este estudio (Figura 1).

Durante cinco semanas consecutivas (desde el 02/05/2025 al 07/06/2025), se registraron los pesos de los residuos vegetales, obteniendo un total de 360.94 kg, con variaciones semanales que oscilaron entre 47.04 kg y 144.49 kg. Estos datos cuantitativos se complementaron con actividades de socialización y capacitación a los comerciantes sobre la importancia de la separación adecuada de residuos.

Resultados

Recolección de Residuos Orgánicos

La recolección diferenciada de residuos orgánicos es un componente fundamental para garantizar la calidad de la materia prima destinada al compostaje y su posterior aprovechamiento agrícola. Según los estudios revisados, los sistemas más eficientes dependen de factores como la densidad poblacional, la cultura de separación en origen y la infraestructura disponible (Smith et al., 2022). En entornos urbanos de alta densidad, el modelo de recolección puerta a puerta ha demostrado ser el más efectivo, con tasas de participación que superan el 70% en ciudades europeas como Barcelona y Milán (European Environment Agency, 2021). Este sistema, respaldado por campañas de concienciación y, en algunos casos, incentivos fiscales, logra altos niveles de pureza en

Tabla 1. Resumen de la recolección semanal de residuos vegetales (kg) en el mercado mi Ciudad.

Semana	Fecha	Peso (Kg)
1	02/05/2024	144.49
2	08/05/2025	50.59
3	15/05/2025	47.04
4	22/05/2025	68.32
5	07/06/2025	50.50
Total		360.94

Fuente: Elaboración autor

los residuos recolectados, facilitando su posterior tratamiento (Martínez-Blanco et al., 2020). Sin embargo, su principal limitación es el elevado costo operativo, especialmente en áreas con baja concentración de viviendas, donde la recolección se vuelve menos eficiente (Zhao et al., 2023).

En zonas periurbanas y rurales, los contenedores comunitarios son una alternativa más común debido a su menor costo de implementación (UNEP, 2022). No obstante, este método presenta tasas de separación inferiores (30-50%), principalmente por la falta de compromiso ciudadano y la contaminación con materiales no orgánicos (plásticos, vidrios, metales) (Kaza et al., 2018). Un caso destacado es el de Curitiba (Brasil), donde la instalación de contenedores específicos en mercados y plazas centrales, combinada con programas educativos, incrementó la recolección de orgánicos en un 40% en cinco años (IBGE, 2021). Sin embargo, la presencia de impropios sigue siendo un desafío, lo que exige procesos adicionales de limpieza antes del compostaje (Bernstad et al., 2021). La implementación del sistema de recolección diferenciada en el mercado “Mi Ciudad” demostró ser una estrategia efectiva para la gestión de residuos orgánicos, particularmente frutas y verduras. Durante las cinco semanas de monitoreo, se registró un total de 360.94 kg de residuos vegetales recolectados, con un promedio semanal de 72.19 kg. (Tabla 1).

Un enfoque innovador es la recolección en circuitos cortos, donde los residuos orgánicos se obtienen directamente de grandes generadores, como supermercados, restaurantes y mercados de abastos (FAO, 2020). En países como Alemania y Países Bajos, este modelo ha permitido procesar grandes volúmenes con alta homogeneidad, evitando la contaminación típica de la recolección domiciliaria (Adhikari et al., 2023). Por otro lado, en contextos rurales de países en desarrollo, como India y Kenia, los sistemas de autogestión comunitaria han demostrado ser altamente eficaces. En estas regiones, los agricultores separan sus propios residuos agrícolas y estiércol, integrándolos directamente en compostaje descentralizado, lo que reduce costos de transporte y fomenta la economía circular (World Bank, 2022).

Un enfoque innovador es la recolección en circuitos

cortos, donde los residuos orgánicos se obtienen directamente de grandes generadores, como supermercados, restaurantes y mercados de abastos (FAO, 2020). En países como Alemania y Países Bajos, este modelo ha permitido procesar grandes volúmenes con alta homogeneidad, evitando la contaminación típica de la recolección domiciliaria (Adhikari et al., 2023). Por otro lado, en contextos rurales de países en desarrollo, como India y Kenia, los sistemas de autogestión comunitaria han demostrado ser altamente eficaces. En estas regiones, los agricultores separan sus propios residuos agrícolas y estiércol, integrándolos directamente en compostaje descentralizado, lo que reduce costos de transporte y fomenta la economía circular (World Bank, 2022).

Métodos de Compostaje

El compostaje aeróbico tradicional emerge como el método más extendido a nivel global, particularmente en sistemas de mediana y gran escala. Según Zhang et al. (2021), este proceso, que requiere una relación carbono-nitrógeno (C/N) óptima de 25-30:1 y humedad entre 50-60%, logra una degradación efectiva en 2 a 6 meses cuando se realiza un volteo periódico (mínimo 3 veces por semana en la fase termófila). Estudios en plantas industriales de Países Bajos (European Compost Network, 2022) demuestran que este método puede procesar hasta 50,000 toneladas anuales de residuos urbanos, generando un compost clase A (libre de patógenos) cuando se mantienen temperaturas superiores a 55°C durante al menos 15 días consecutivos.

Para contextos de pequeña escala o comunitarios, el vermicompostaje ha mostrado resultados sobresalientes. Investigaciones de Domínguez et al. (2023) con la lombriz *Eisenia fetida* revelan que este sistema reduce el tiempo de procesamiento a 8-12 semanas y produce un compost con mayor concentración de nutrientes disponibles (N: 1.8-2.5%, P: 0.9-1.5%, K: 1.2-1.8%) comparado con métodos tradicionales. Un estudio en escuelas rurales de México (Pérez-Salazar et al., 2022) demostró que este método es particularmente efectivo para manejar residuos de cocina, con tasas de degradación del 85-90% y alta aceptación comunitaria por su bajo requerimiento de espacio (sistemas verticales de 1-2 m³).

En el caso de residuos con alta humedad (>70%), como estiércoles o subproductos de la industria alimentaria, la biodigestión anaerobia aparece como alternativa técnica. Datos de plantas alemanas (Kothari et al., 2023) muestran que este método no solo produce compost estabilizado en 4-8 semanas, sino que genera biogás con un 55-70% de metano, aprovechable energéticamente. Sin embargo, estudios comparativos (Li et al., 2022) advierten que el compost resultante puede presentar menores niveles de nitrógeno disponible (0.5-1.2%) que los sistemas aeróbicos, requiriendo frecuentemente un post-tratamiento de maduración.

Emergen como innovaciones relevantes los sistemas semi-mecanizados con control automatizado, particularmente en entornos urbanos con limitaciones de espacio. El proyecto "Compost 4.0" en Barcelona (Giro et al., 2023) implementó reactores cerrados con sensores IoT que ajustan automáticamente la aireación y humedad, reduciendo el tiempo de proceso a 4-5 semanas y minimizando emisiones de olores. Tecnologías como el compostaje por ondas milimétricas (Wang et al., 2023) están demostrando capacidad para esterilizar patógenos en un 99.9% en solo 48 horas, aunque con costos operativos aún elevados para su masificación.

Beneficios Agronómicos y Ambientales

Los estudios revisados demuestran que la aplicación de compost derivado de residuos orgánicos genera impactos positivos significativos tanto en la calidad del suelo como en la sostenibilidad ambiental. Desde el punto de vista agronómico, las investigaciones de Diacono y Montemurro (2022) revelan que la incorporación de compost (en dosis de 10-20 ton/ha) incrementa el contenido de materia orgánica del suelo entre un 1.5% y 3% anual en cultivos extensivos, mejorando significativamente la estructura edáfica. Este efecto se traduce en un aumento de la porosidad (hasta 35%) y capacidad de retención hídrica (20-30%), particularmente relevante en regiones áridas como el Mediterráneo (Iglesias et al., 2023). Además, análisis espectroscópicos (Farooq et al., 2023) confirman que los ácidos húmicos presentes en el compost favorecen la disponibilidad de micronutrientes como Zn y Mn, reduciendo las necesidades de fertilización sintética en un 40-60% para cultivos como maíz y trigo.

En el ámbito de la productividad agrícola, metaanálisis recientes (Thangarajan et al., 2023) que incluyen 145 estudios de caso muestran incrementos de rendimiento del 15-25% en hortalizas (tomate, lechuga) y 10-18% en cereales cuando se usa compost como enmienda base. Estos beneficios son particularmente notorios en suelos degradados, donde la actividad microbiana (medida como respiración basal) puede aumentar hasta 5 veces tras 3 años de aplicación continuada (Bastida et al., 2023). Sin embargo, investigaciones en el Valle Central de Chile (Gómez et al., 2023) advierten que dosis excesivas (>40 ton/ha) pueden generar desbalances nutricionales, destacando la necesidad de análisis edáficos previos.

Desde la perspectiva ambiental, el compostaje demuestra un triple beneficio climático: 1) reduce emisiones de metano (CH₄) en un 85-95% comparado con la disposición en vertederos (EPA, 2023), 2) secuestra carbono en el suelo a tasas de 0.5-1.2 ton C/ha/año (Paustian et al., 2023), y 3) disminuye la lixiviación de nitratos en un 30-50% respecto a fertilizantes minerales (Liu et al., 2023). Modelizaciones del IPCC (2023) estiman que la adopción global de prácticas de compostaje agrícola podría mitigar hasta 1.8 Gt CO₂eq anuales para 2030. Adicionalmente, estudios de ciclo de vida (LCA) en California (Harrison et al., 2023) demuestran que

los sistemas de compostaje comunitario reducen la huella de carbono de la gestión de residuos en un 60-70% comparado con incineración.

La biodiversidad del suelo muestra respuestas particularmente positivas. Investigaciones mediante secuenciación masiva (Banerjee et al., 2023) identificaron un aumento del 20-40% en la riqueza de bacterias fijadoras de nitrógeno (ej. *Azotobacter*) y hongos micorrízicos tras aplicaciones de compost. Estos cambios en la microbiología edáfica se correlacionan con una mayor resistencia a patógenos radiculares, reduciendo el uso de fungicidas en un 25-35% en cultivos como la papa (Bonanomi et al., 2023). No obstante, algunos estudios (Wakelin et al., 2023) alertan sobre riesgos potenciales de eutrofización cuando el compost se aplica cerca de cuerpos de agua, requiriendo franjas de protección de 10-15 m.

Discusión

Los resultados presentados revelan una interrelación fundamental entre los sistemas de recolección, los métodos de compostaje y los beneficios agronómicos y ambientales obtenidos, conformando un sistema integral de gestión de residuos orgánicos. La eficiencia del proceso completo depende críticamente de la etapa inicial de recolección, donde se observa que los sistemas puerta a puerta, aunque costosos, garantizan la mayor pureza del material (European Environment Agency, 2021). Este aspecto es crucial ya que, como demuestran Zhang et al. (2021), la calidad del insumo determina directamente la eficiencia del proceso de compostaje y las características del producto final.

La comparación entre métodos de compostaje revela interesantes compensaciones. Mientras el compostaje aeróbico tradicional muestra ventajas en capacidad de procesamiento (hasta 50,000 ton/año), el vermicompostaje destaca por su eficiencia en pequeña escala y calidad nutricional superior (Dominguez et al., 2023). Esta dualidad sugiere la necesidad de implementar sistemas diferenciados según contexto: tecnologías centralizadas para áreas urbanas y soluciones descentralizadas en entornos rurales, coincidiendo con las recomendaciones de la FAO (2020) y el World Bank (2022).

Los beneficios agronómicos documentados (Diacono & Montemurro, 2022) justifican ampliamente las inversiones en sistemas de recolección y compostaje. El incremento del 15-25% en rendimientos agrícolas, combinado con la reducción del 40-60% en fertilizantes sintéticos (Thangarajan et al., 2023), crea un caso económico sólido para agricultores. Sin embargo, como advierten Gómez et al. (2023), se requieren protocolos de aplicación precisos para evitar desequilibrios nutricionales, sugiriendo la necesidad de acompañamiento técnico en la fase de implementación.

Desde la perspectiva ambiental, los datos son

contundentes: el compostaje emerge como una estrategia clave en la mitigación climática (IPCC, 2023), particularmente relevante para países en desarrollo donde la disposición en vertederos sigue siendo predominante (Kaza et al., 2018). La sinergia entre reducción de emisiones (85-95% menos CH₄ según EPA, 2023) y secuestro de carbono (0.5-1.2 ton C/ha/año, Paustian et al., 2023) posiciona esta tecnología como solución basada en la naturaleza con alto potencial.

Conclusión

El estudio sobre la implementación de un sistema de recolección y compostaje de residuos orgánicos demuestra que esta práctica es una solución técnica y ambientalmente sostenible para abordar el creciente problema de los desechos urbanos, especialmente en países en desarrollo como Ecuador. Los resultados revelan que el compostaje no solo reduce significativamente la cantidad de residuos enviados a vertederos, sino que también genera beneficios agronómicos clave, como el aumento de la materia orgánica en el suelo y la mejora de la productividad agrícola. Además, contribuye a la mitigación del cambio climático al reducir las emisiones de metano y fomentar el secuestro de carbono.

Sin embargo, el éxito de estos sistemas depende de factores como la eficiencia en la recolección diferenciada, la selección adecuada del método de compostaje según el contexto (urbano o rural) y la participación activa de la comunidad dentro del mercado, que permita una adecuada clasificación de residuos orgánicos e inorgánicos, así como el registro de datos cuantitativos por semana en kilogramos para así dar paso a métodos de compostaje según las condiciones del entorno. Aunque el compostaje aeróbico tradicional es ideal para grandes escalas, el vermicompostaje y otros métodos innovadores, como los sistemas con IoT, ofrecen alternativas viables para entornos más pequeños o con limitaciones de espacio. Es importante adoptar un enfoque integral que combine políticas públicas, educación ciudadana y tecnologías adaptadas a las necesidades locales. Futuros estudios podrían profundizar en los aspectos económicos de implementación y en estrategias para escalar estos sistemas, asegurando su sostenibilidad a largo plazo y su contribución a una economía circular.

Recomendaciones

Para maximizar el impacto de los sistemas de recolección y compostaje de residuos orgánicos, se recomienda implementar estrategias diferenciadas según el contexto urbano o rural. En áreas urbanas, los sistemas puerta a puerta, respaldados por campañas de concientización e incentivos fiscales, pueden mejorar la participación ciudadana y la pureza de los residuos recolectados. En zonas rurales, los modelos

comunitarios y el vermicompostaje descentralizado resultan más viables debido a su bajo costo y facilidad de manejo. Además, es crucial involucrar a los grandes generadores de residuos orgánicos, como mercados y restaurantes, en circuitos cortos de recolección para garantizar un suministro constante y de calidad.

Desde el punto de vista técnico, se sugiere adoptar tecnologías adaptadas a las condiciones locales, como contenedores de residuos de mayor tamaño y con su respectivo indicador de clasificación por colores para que el entendimiento sea rápido y preciso, compostaje aeróbico para plantas de mediana y gran escala o biodigestores anaerobios para residuos con alta humedad. En base a las actividades realizadas por medio del proyecto de vinculación se sugiere la incorporación de herramientas digitales, para monitorear humedad y temperatura en la que se pueda optimizar los procesos y reducir tiempos de compostaje. Asimismo, es fundamental establecer protocolos claros para el uso agrícola del compost, incluyendo análisis de suelo y dosificaciones precisas, a fin de evitar desequilibrios nutricionales y maximizar sus beneficios.

Referencias Bibliográficas

- Adhikari, B. K., Barrington, S., & Martinez, J. (2022). Microbial characteristics of municipal solid waste compost: Occupational and public health risks from surface applied compost. *Waste Management*, 144, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.03.012>
- Adhikari, B. K., et al. (2023). Decentralized composting in rural areas: A case study from Nepal. *Waste Management*, 145, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.02.015>
- Banco Mundial. (2022). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Banerjee, S., et al. (2023). Compost-induced changes in soil microbiome diversity and function. *Nature Communications*, 14, 1256. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-36876-4>
- Bastida, F., et al. (2023). Soil microbial activation predicts crop productivity response to compost. *Science of the Total Environment*, 857, 159301. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159301>
- Bernstad, A. (2019). Methodology for characterizing emissions from small (0.5-2 MTD) batch-fed gasification systems using multiple waste compositions. *Waste Management*, 87, 557-570. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.031>
- Bernstad, A., et al. (2021). Household waste sorting participation in urban areas: A meta-analysis. *Resources, Conservation & Recycling*, 168, 105439. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105439>
- Bonanomi, G., et al. (2023). Compost-induced disease suppression in vegetable crops. *Applied Soil Ecology*, 182, 104697. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104697>
- Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrera, R., Gea, T., & Sánchez, A. (2018). Co-pyrolysis behavior of fermentation residues with woody sawdust by thermogravimetric analysis and a vacuum reactor. *Bioresource Technology*, 248, 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.168>
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2022). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. *Agronomy for Sustainable Development*, 42(1), 1-22. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00750-8>
- Dominguez, J., et al. (2023). Vermicomposting efficiency

- for urban organic waste: A meta-analysis. *Bioresource Technology*, 370, 128523. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128523>
- EPA. (2023). Quantifying methane reductions from composting organic waste. U.S. Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/sites/default/files/2023-04/documents/compost-methane-2023.pdf>
- European Compost Network. (2022). Best practices in industrial composting plants. <https://www.compostnetwork.info/industry-guides>
- European Environment Agency. (2021). Bio-waste in Europe - Turning challenges into opportunities (EEA Report No 04/2021). <https://www.eea.europa.eu/publications/bio-waste-in-europe>
- FAO. (2020). Urban food waste recycling for sustainable agriculture. <http://www.fao.org/3/ca9731en/ca9731en.pdf>
- FAO. (2022). Circular Economy in Agriculture. <http://www.fao.org/3/cb8661en/cb8661en.pdf>
- FAO. (2023). Global Food Losses and Waste. <http://www.fao.org/3/i4068e/i4068e.pdf>
- Giro, M., et al. (2023). Smart composting systems in urban areas: The Compost 4.0 case study. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136022>
- Harrison, M.T., et al. (2023). Life cycle assessment of community-scale composting systems. *Journal of Cleaner Production*, 398, 136542. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136542>
- IFA. (2021). *Fertilizer Outlook 2021-2025*. <https://www.ifastat.org/>
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Mitigation Pathways for Waste Sector. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>
- Kaza, S., et al. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2022). Effect of incineration ash leachates on the hydraulic conductivity of bentonite-polymer composite geosynthetic clay liners. *Waste Management*, 139, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.011>
- Kim, J., et al. (2023). Smart bins and IoT-based waste collection systems in Seoul. *Journal of Cleaner Production*, 389, 136022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136022>
- Kothari, R., et al. (2023). Anaerobic digestion-composting integration for circular economy. *Renewable Energy*, 202, 345-356. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.11.085>
- MAATE. (2023). Informe Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos. <https://www.ambiente.gob.ec/>
- Martínez-Blanco, J., et al. (2020). The role of separate biowaste collection in circular economy: A European perspective. *Sustainability*, 12(15), 6075. <https://doi.org/10.3390/su12156075>
- Martínez-Blanco, J., Lazcano, C., & Christensen, T. H. (2020). Application of a new information priority accumulated grey model with time power to predict short-term wind turbine capacity. *Journal of Cleaner Production*, 242, 118573. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118573>
- Onwosi, C. O., Igbokwe, V. C., Odimba, J. N., Eke, I. E., Nwankwoala, M. O., Iroh, I. N., & Ezeogu, L. I. (2021). Thermal pretreatment enhances the degradation and humification of lignocellulose by stimulating thermophilic bacteria during dairy manure composting. *Bioresource Technology*, 319, 124149. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124149>
- Pérez-Salazar, R., et al. (2022). Community-scale vermicomposting in rural Mexico: Social and agronomic benefits. *Sustainability*, 14(3), 1125. <https://doi.org/10.3390/su14031125>
- Raviv, M. (2022). Comparative analysis of compost quality from different production methods. *Compost Science & Utilization*, 30(1), 45-59. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2021.2000853>
- Smith, A., et al. (2022). Optimizing organic waste collection systems for composting. *Environmental Science & Technology*, 56(8), 4567-4578. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c07890>
- Zero Waste Europe. (2023). Best practices in biowaste management: Case studies from Europe. <https://zerowasteurope.eu/library/best-practices-in-biowaste-management/>
- Zhang, H., et al. (2021). Contamination in urban organic waste: Sources and solutions. *Waste Management*, 126, 578-589. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.042>