

Gases de efecto invernadero derivados del tratamiento biológico de residuos sólidos

Greenhouse gases derived from the biological treatment of solid waste



<https://cu-id.com/2377/v31n2e03>

 Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus*,  Rosemary López Lee

Instituto de Meteorología de Cuba, La Habana, Cuba

RESUMEN: El tratamiento biológico es una práctica que reduce el volumen de los materiales, favorece la estabilización de los residuos y destruye los agentes patógenos. El manejo mediante procesos aeróbicos para fomentar la descomposición provoca que la mayor parte del carbono orgánico degradable de los residuos se convierta en dióxido de carbono biogénico. En las bolsas anaeróbicas del compost se forman además metano y óxido nitroso. En este trabajo se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del compostaje en Cuba para la serie temporal 2002-2022 aplicando las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático de 2006. Se encontró que las emisiones de metano y óxido nitroso derivadas del tratamiento biológico de residuos son típicamente bajas en Cuba.

Palabras Clave: compost, metano, óxido nitroso.

ABSTRACT: Biological treatment is a practice that reduces the volume of materials, promotes the stabilization of waste, and destroys pathogenic agents. The management through aerobic processes to encourage decomposition causes most of the degradable organic carbon in the waste to be converted into biogenic carbon dioxide. In the anaerobic conditions of compost bags, methane and nitrous oxide are also formed. This study estimated greenhouse gas emissions from composting in Cuba for the time series 2002-2022 by applying the 2006 Guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change. It was found that methane and nitrous oxide emissions resulting from biological waste treatment are typically low in Cuba.

Keywords: compost, methane, nitrous oxide.

El tratamiento biológico de los residuos sólidos puede llevarse a cabo mediante la fabricación de abono orgánico (*compost*), la digestión anaeróbica de los residuos orgánicos o el tratamiento mecánico biológico. Esta práctica reduce el volumen de los materiales, favorece la estabilización de los residuos y destruye los agentes patógenos que existen en el material de los residuos. Los productos finales pueden reciclarse, según su calidad, como fertilizantes o depositarse en un sitio de disposición de residuos sólidos (SDRS).

En Cuba desde 2002 entró en vigor la [Norma Cuba NC 134:2002 "Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénico sanitarios y ambientales"](#) que establece las pautas para el tratamiento biológico de los residuos sólidos, mediante la práctica del compostaje. Esta práctica contribuye a la utilización

de mejores métodos de disposición final y permite la elaboración de abonos orgánicos que se reutilizan en la siembra de diferentes especies vegetales maderables y ornamentales.

Los residuos se manejan mediante un proceso aeróbico para fomentar la descomposición por lo que la mayor parte del carbono orgánico degradable de los residuos se convierte en dióxido de carbono (CO₂). Este CO₂ es de origen biogénico por lo que no se contabiliza sus emisiones. En las bolsas anaeróbicas del compost se forman además metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Al realizar este estudio no se encontró información estadística sobre la ocurrencia de la preparación de *compost* en el país utilizando residuos sólidos municipales (RSM) antes del año 2002 (López, 2011).

*Autor para correspondencia: Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus. E-mail: ignaivis@gmail.com

Recibido: 04/01/2025

Aceptado: 09/04/2025

Conflicto de intereses: Las autoras declaran que no existen conflictos de intereses en la realización de esta investigación.

Contribución de los autores: Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus: Se encargó del procesamiento de los datos, su análisis y e interpretación. Llevó a cabo la investigación, la redacción y la edición del documento final. Rosemary López Lee. Fue responsable de la conceptualización y supervisión de la investigación. Realizó contribuciones al análisis de los resultados y detalló la metodología escogida para facilitar su aplicación. Ambas autoras contribuyeron a la realización del artículo y aprobaron la versión final.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](#)

Aplicando una metodología de Nivel 1 y factores de emisión por defecto, de acuerdo al Volumen 5, Capítulo 4, Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático (IPCC) de 2006 se estimaron las emisiones de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O) procedentes del compostaje en Cuba para la serie temporal 2002-2022. La variable de actividad empleada en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) fue la masa de los residuos orgánicos sometidos a tratamiento biológico durante cada año. Las emisiones de metano se calcularon mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de } \text{CH}_4 = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R \quad (1)$$

Fuente: Ecuación 4.1, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.5, Directrices IPCC de 2006

Donde:

M_i = masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i , kt

EF_i = factor de emisión del tratamiento i , g de CH_4 /kg de desecho tratado

R = cantidad total de CH_4 recuperado durante el año del inventario, kt de CH_4

Las emisiones de N_2O se calcularon mediante la ecuación:

$$\text{Emisiones de } \text{N}_2\text{O} = \sum_i (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Fuente: Ecuación 4.2, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.6, Directrices IPCC de 2006

Donde:

M_i = masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico i , kt

EF_i = factor de emisión del tratamiento i , g de CH_4 /kg de desecho tratado

La masa de los residuos orgánicos sometidos a tratamiento biológico (Tabla 1) se obtuvo de las estadísticas nacionales complementarias de la ONEI. Este dato de actividad deriva del total de residuos sólidos municipales gestionados en el país, no incluye la preparación de abono orgánico doméstico. La masa de los residuos corresponde al peso húmedo, asumiendo un contenido de humedad del 60% de conformidad con el supuesto de las Directrices del IPCC 2006, Volumen 5, Capítulo 4, cuadro 4.1. El total de residuos tratados biológicamente se vio afectado por las coyunturas económicas y las condiciones a las que se ha visto sometido el país en cada año del inventario.

Los factores de emisión se tomaron por defecto, de acuerdo al tipo de tratamiento y sobre la base del peso húmedo. Los valores empleados para el metano y el óxido nitroso fueron: 4 g de CH_4 /kg de residuos tratados y 0.24 g de N_2O /kg de residuos tratados respectivamente (Tabla 4.1, Capítulo 4, Volumen 5, página 4.7, Directrices IPCC, 2006).

La tendencia de las emisiones de GEI del Tratamiento biológico de residuos en Cuba (figura 1) se vio afectada en mayor grado por la variación del total de residuos sólidos tratados biológicamente cada año en el país. Las emisiones más altas se registraron en 2008, 2016, 2020 y 2021, coincidiendo con los mayores valores anuales de residuos tratados biológicamente. Aun así, el valor máximo no superó las 65 kt de CO_2 -eq. En 2022 las emisiones contabilizaron un total de 41.79 kt de CO_2 -eq. Este valor representó una disminución del 12.95% respecto al año base 2002.

Al hacer el análisis por tipo de GEI se observó que el CH_4 fue el gas que más emitió esta actividad durante toda la serie, seguido del N_2O (Figura 2). En cuanto a las proporciones de cada tipo de gas se encontró que se han mantenido casi constantes en el tiempo.

En resumen, las emisiones de CH_4 y N_2O derivadas del tratamiento biológico de residuos son típicamente bajas en Cuba. De ahí, que la categoría Tratamiento biológico de residuos sólidos representó solo el 0.67% de las emisiones totales de GEI del sector Residuos en el año 2022.

Tabla 1. Masa de los residuos orgánicos sometidos al tratamiento biológico en Cuba. Serie 2002-2022

Año	Masa (kt)	Año	Masa (kt)	Año	Masa (kt)
2002	273.40	2009	208.00	2016	364.40
2003	234.90	2010	203.56	2017	323.50
2004	258.00	2011	198.90	2018	291.10
2005	212.00	2012	197.80	2019	173.00
2006	297.70	2013	189.50	2020	205.50
2007	311.20	2014	176.70	2021	186.00
2008	338.10	2015	177.20	2022	238.00

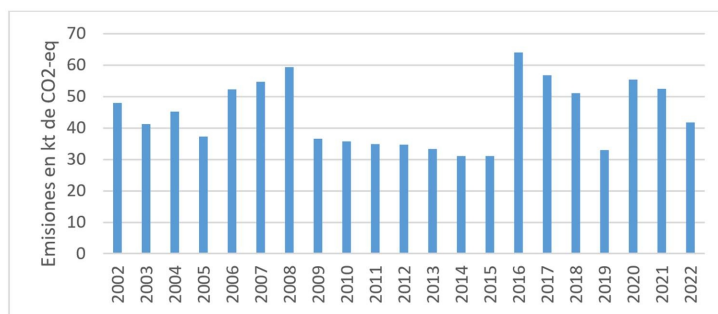


Figura 1. Emisiones de GEI (kt de CO₂-eq) resultantes del tratamiento biológico de residuos sólidos. Serie 2000-2022

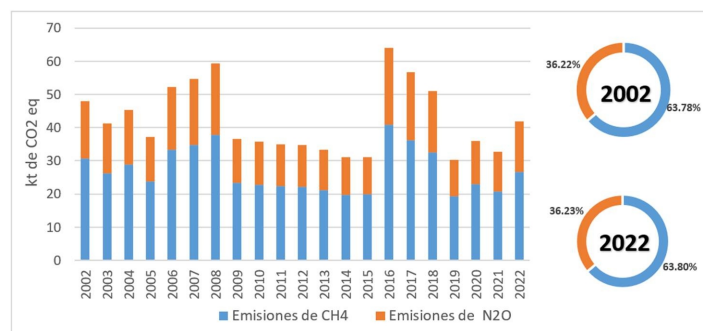


Figura 2. Emisiones por tipo de GEI (kt de CO₂-eq) resultantes del tratamiento biológico de residuos sólidos. Serie 2000-2022

REFERENCIAS

- IPCC. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 5: Waste* (R. Pipatti, P. Svardal, J. W. Silvana, Q. Gao, C. López, K. Mareckova, H. Oonk, E. Scheehle, Ch. Sharma, A. Smith, M. Yamada, G. H. Sabin, M. Koch, P. Svardal, & S. M. Manso, Eds.). Institute for Global Environmental Strategies.
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Core Writing Team, R. K. Pachauri, & L. A. Meyer, Eds.). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- Oficina Nacional de Estadísticas e Información. (2023). *Anuario estadístico de Cuba 2022*. <http://www.onei.gob.cu>
- Oficina Nacional de Normalización. (2002). *Norma Cubana NC 134:2002: Residuos sólidos urbanos. Tratamiento. Requisitos higiénicos sanitarios y ambientales*.