

Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica de ganado vacuno lechero en una finca en Camagüey, Cuba¹

Estimation of methane emissions from enteric fermentation of dairy cattle on a farm in Camagüey, Cuba¹

Yudith Lamothe-Crespo¹ <https://orcid.org/0000-0003-2937-878X>, María del Carmen Guerra-Rojas¹ <https://orcid.org/0000-0003-2727-9702>, Marlon Rodríguez-Abreu¹ <https://orcid.org/0009-0007-0040-4776> y Janet Blanco-Lobaina² <https://orcid.org/0009-0004-0484-4320>

¹Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical CIMAGT. Ministerio de la Agricultura Cuba. Avenida 101 No. 6214, entre 100 y 62. Reparto Loma de Tierra. Cotorro. La Habana, Cuba. ²Instituto de Pastos y Forrajes. Ministerio de la Agricultura. Avenida Independencia km 8½ Boyeros, La Habana CP 10 800, Cuba. Correo electrónico: yudith@cima-minag.cu, yudith71lamothe@gmail.com

Resumen

Objetivo: Cuantificar las emisiones de metano proveniente de la fuente de fermentación entérica del ganado vacuno en una finca de la provincia de Camagüey, Cuba.

Materiales y Métodos: Se calculó las emisiones de CH₄ entérico proveniente de 11 vacas lecheras en ordeño de la especie Siboney de Cuba (¾Holstein x ¼Cebú), perteneciente a la finca La Liliana en Camagüey, como contribución local a la actualización del inventario nacional de GEI, para el módulo Agricultura, Forestales y otros usos de la Tierra (AFOLU, siglas en inglés). Para ello se utilizaron las guías 2006 recomendadas por el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y el método de estimación de nivel 2 para el módulo agricultura.

Resultados: La emisión de metano, producto de la fermentación entérica de las vacas en ordeño manejadas en la finca La Liliana en el 2023, fue de 1 326,38 kg CH₄/año (37 138,64 kg CO₂-eq/año), por lo que se ratifica como una subcategoría clave dentro del Inventario Nacional de GEI para vacas lecheras. Los principales elementos que contribuyeron a las elevadas emisiones de CH₄ fueron la digestibilidad por la baja calidad de la dieta, lactancia y el peso del animal.

Conclusiones: El estudio sobre las emisiones de metano (CH₄) en vacas Siboney de Cuba en la finca muestran que estas emisiones son significativas y contribuyen sustancialmente al inventario de gases de efecto invernadero. Esto subraya la importancia de considerar a las vacas lecheras como una subcategoría clave en la mitigación de gases de efecto invernadero.

Palabras clave: alimentación, efecto invernadero, producción lechera

Abstract

Objective: To quantify methane emissions from the source of enteric fermentation of cattle on a farm in the Camagüey province, Cuba.

Materials and Methods: Emissions of enteric CH₄ from 11 milking dairy cows of the Siboney de Cuba (¾Holstein x ¼Cebú) species, belonging to the La Liliana farm in Camagüey, were calculated as a local contribution to the updating of the national GHG inventory, for the Agriculture, Forestry and Other Land Uses (AFOLU) module. The 2006 guidelines recommended by the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) and the Tier 2 estimation method for the agriculture module were used.

Results: Methane emissions from enteric fermentation of milking cows managed at the La Liliana farm in 2023 were 1 326,38 kg CH₄/year (37 138,64 kg CO₂-eq/year), which confirms it as a key subcategory within the National GHG Inventory for dairy cows. The main elements contributing to the high CH₄ emissions were digestibility due to low diet quality, lactation and animal weight.

Conclusions: The study on methane (CH₄) emissions in Siboney de Cuba cows in the farm show that these emissions are significant and contribute substantially to the greenhouse gas inventory. This underlines the importance of considering dairy cows as a key subcategory in greenhouse gas mitigation.

Keywords: feeding, greenhouse effect, milk production

¹ Trabajo presentado en VII Convención Internacional Agrodesarrollo 2024. Centro de Convenciones Plaza América, Varadero, Cuba. 21 al 25 de octubre del 2024

¹ Work presented at the International Convention Agrodesarrollo 2024. Plaza América Convention Center, Varadero, Cuba. October 21-25, 2024

Recibido: 19 de diciembre de 2024
Aceptado: 28 de marzo de 2025

Como citar este artículo: Lamothe-Crespo, Yudith; Guerra-Rojas, María del Carmen; Rodríguez-Abreu, Marlon & Blanco-Lobaina, Janet. 2025. Estimación de las emisiones de metano por fermentación entérica de ganado vacuno lechero en una finca en Camagüey, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 48:e04.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido en Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/> El uso, distribución o reproducción está permitido citando la fuente original y autores.

Introducción

La ganadería constituye un pilar fundamental para la economía y la seguridad alimentaria global, al contribuir significativamente a la nutrición de la población. Sin embargo, su estrecha relación con el cambio climático representa un desafío ambiental de gran magnitud, dado su elevado aporte de Gases de Efecto Invernadero (GEI), superior al de la mayoría de las actividades agroalimentarias.

Las emisiones asociadas a este sector provienen principalmente de dos procesos: la fermentación entérica y la gestión del estiércol (Gerber *et al.*, 2013; FAO, 2018). Entre estos, el metano (CH_4)—el segundo gas con mayor incidencia en el calentamiento global— registró un incremento alarmante entre 2020 y 2021 (FAO, 2023). Según estimaciones basadas en análisis de ciclo de vida, la ganadería genera aproximadamente 7.1 gigatoneladas (Gt) de CO_2 eq anuales, lo que equivale al 14,5 % de las emisiones antropogénicas mundiales (FAO, 2018). En este contexto, América Latina y el Caribe ocupan el segundo lugar en emisiones ganaderas de GEI, solo detrás de Asia (Tubiello *et al.*, 2014), con países como Brasil, México, Argentina y Colombia como los mayores contribuyentes regionales. De hecho, Brasil y México figuran entre los diez principales emisores globales de CH_4 (Benaouda *et al.*, 2017). Esta realidad motivó numerosas investigaciones orientadas a cuantificar emisiones y diseñar estrategias de mitigación en la región.

Cuba no se encuentra entre los grandes emisores de GEI a escala global, el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (1990-2022) reveló que la fermentación entérica representa el 71,6 % de las emisiones del sector agrícola, superando el umbral del 25 % que la categoriza como una fuente crítica. Este dato subraya la relevancia del CH_4 ganadero en el balance nacional de GEI. No obstante, desde 2016 se observó una tendencia a la reducción, atribuible principalmente al decrecimiento de la población animal, en especial el ganado vacuno tras la crisis económica iniciada en 1990. Dicha crisis generó un déficit crónico de insumos (alimentos concentrados, combustibles, fertilizantes, entre otros), lo que impactó tanto en los rendimientos como en el tamaño de los rebaños. A esto se sumaron las restricciones derivadas de la pandemia de COVID-19 durante los últimos tres años, que acentuaron la contracción del sector.

Pese a los avances en la estimación de GEI mediante diversas metodologías, persisten limitaciones asociadas a la incertidumbre de los datos por

defecto y la falta de información local precisa. Por ello, resulta imperativo desarrollar estudios integrales con parámetros nacionales que permitan cálculos más exactos. En este sentido, la cuantificación de emisiones de CH_4 entérico en fincas ganaderas como la analizada en este trabajo proporciona datos desagregados y ajustados a las condiciones reales, facilitando la determinación de factores de emisión específicos para vacas lecheras. Estos resultados no solo servirían como base para evaluar el impacto de estrategias de alimentación con distinta composición y digestibilidad, sino también para mejorar la precisión del Inventario Nacional de GEI. De ahí que el objetivo del trabajo fue cuantificar las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica en ganado vacuno de una finca lechera de la provincia de Camagüey, Cuba.

Materiales y Métodos

Localización. La presente investigación se realizó en la finca La Liliana, ubicada en el municipio Jimaguayú en la provincia de Camagüey, Cuba y dedicada fundamentalmente a la producción de leche. En la primera etapa se realizaron visitas de reconocimiento y recolección de información del hato con el fin de caracterizar la finca, levantar la información en una base de datos para la posterior selección de la muestra y estimación de las emisiones de metano entérico.

Muestra. Se trabajó con un total de 11 vacas en ordeño del genotipo Siboney de Cuba (5/8 Holstein x 3/8 Cebú) que tuvieran características homogéneas en la producción de leche y condición corporal, con más de dos partos. Los animales tienen un régimen de semipastoreo, diurno en un área con árboles dispersos, acuartonada con cerca de alambre energizado y durante la noche están estabulados en las naves, y el consumo de agua es a voluntad. La finca posee un área total de 69,8 ha, de las cuales se explotan 61 ha destinadas a la producción animal. La alimentación se basa en pastos naturales con suplementación de concentrado. El período base fue el año 2023.

Procedimiento experimental. Para la cuantificación de las emisiones de metano entérico se utilizaron las directrices metodológicas y el software para la elaboración de Inventarios Nacionales de GEI del IPCC, versión 2006. Tomando en consideración la disponibilidad de datos de actividad, la información sobre los factores de emisión, los parámetros propios para las estimaciones y siguiendo el árbol de decisiones para las emisiones resultantes de la ganadería, se aplicó el método 2 por ser el ganado vacuno una categoría principal en

el inventario 1990-2016 (CITMA, 2020) y se basa principalmente en la productividad animal y en la calidad y cantidad de la dieta. El dato de actividad se obtuvo en correspondencia al número de cabezas de ganado que forman parte del estudio $[N_{(T)}]$ y se asumió que: vacas de baja producción lechera = vacas en ordeño. Se dispuso de datos paramétricos característicos de la masa manejada en la finca, de acuerdo con los establecidos por el IPCC: número de cabezas de ganado, vacas lactando (#), peso vivo, PV (kg), aumento de peso por día APVD (kg), peso maduro PM (kg), situación alimentaria, producción diaria de leche (kg/día), contenido graso (%), digestibilidad de alimentos (%). Para los dos últimos parámetros se obtuvieron los datos por juicio documentado de expertos. Estos datos permitieron calcular los factores de emisión propios de la finca para categoría de ganado vacuno, subcategoría vaca en ordeño. No es más que el coeficiente que relaciona los datos de actividad con la cantidad del compuesto químico que constituye la fuente de las últimas emisiones (IPCC, 2006). Para el cálculo de las emisiones de metano entérico se utilizó la ecuación 2.3

Ecuación 10.19² Emisiones por fermentación entérica de una categoría de ganado

$$\text{Emisiones} = EF_{(T)} \cdot \left(\frac{N_{(T)}}{10^6} \right)$$

Donde:

Emisiones = emisiones de metano por fermentación entérica, Gg CH₄ año⁻¹

$EF_{(T)}$ = factor de emisión para la población de ganado definida, kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹

$N_{(T)}$ = cantidad de cabezas de ganado de la especie/categoría T del país

T = especie/categoría de ganado

El factor de emisión para la categoría de ganado vacuno estudiada se estimó sobre la base de la ingesta de energía bruta (EB) y el factor de conversión de metano (Ym) correspondientes a la categoría, a partir de la ecuación 2.5:

Ecuación 10.21³ Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

$$FE = \frac{[EB \cdot (Ym/100) \cdot 365]}{55,65}$$

Donde:

FE: factor de emisión (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

EB: ingesta de energía bruta (MJ cabeza⁻¹ día⁻¹)

Ym: factor de conversión en metano, porcentaje de la energía bruta del alimento convertida en metano

La constante 55,65 (MJ/kg CH₄) es el contenido de energía del metano

Se dispuso de datos paramétricos específicos de la finca, proporcionados por el productor y expertos, para el cálculo de la ingesta de energía bruta. La ecuación para el cálculo fue:

Ecuación 10.16⁴ Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

$$GE = \left[\frac{\left(\frac{NE_m + NE_a + NE_l + NE_{trabajo} + NE_p}{REM} \right) + \left(\frac{NE_g + NE_{lana}}{REG} \right)}{\frac{DE\%}{100}} \right]$$

Donde:

GE = energía bruta, MJ día⁻¹

NE_m = energía neta requerida por el animal para su mantenimiento, MJ día⁻¹

NE_a = energía neta para la actividad animal, MJ día⁻¹

NE_l = energía neta para la lactancia, MJ día⁻¹

NE_{trabajo} = energía para el trabajo, MJ día⁻¹

NE_p = energía neta requerida para la preñez, MJ día⁻¹

REM = relación entre la energía neta disponible en una dieta para mantenimiento y la energía digerible consumida

NE_g = energía neta para el crecimiento, MJ día⁻¹

NE_{lana} = energía neta requerida para producir un año de lana, MJ día⁻¹

REG = relación entre la energía neta disponible en una dieta para crecimiento y la energía digerible consumida

DE% = energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta

Resultados y Discusión

La tabla 1 muestra la estimación, para el año 2023, de la emisión de metano producto de la fermentación entérica del ganado vacuno en ordeño manejados en la finca, que fue de 1 326,4 kg CH₄/año (37 138,6 kg CO₂-eq/año).

El factor de emisión obtenido en el estudio para las vacas lecheras de baja producción (vacas en ordeño), con una alimentación basada en pastos naturales y concentrado en menor proporción, es cercano al de país FE = 101,3 kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹ para esta categoría de ganado. Se debe a que los últimos

²Ecuación 10.19; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

³Ecuación 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

⁴Ecuación 10.16; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Tabla 1. Estimación de las emisiones de metano (CH_4), metodología IPCC Nivel 2.

Parámetro	Resultado	Fuente
Peso vivo del animal, kg	450 peso promedio	Calculado para la muestra estudiada
Coefficiente que varía para cada categoría de animales	0,386	Directrices IPCC (2006)
Energía neta requerida por el animal para su mantenimiento UM día	37,7	
Coefficiente correspondiente a la situación alimentaria del animal	0,7	Directrices IPCC (2006)
Energía neta para la actividad animal	6,4	
Coefficiente con valor de 0,8 hembras	0,8	Directrices IPCC (2006)
Peso corporal vivo y maduro de una hembra adulta	375	Datos ofrecidos por el productor
Energía neta para el crecimiento	-	
Coefficiente de preñez	0,1	Directrices IPCC (2006)
Porcentaje de vacas que paren (% de vacas que paren)	0,7	Datos ofrecidos por el productor
Energía neta para la preñez	2,6	
Cantidad de leche producida kg leche día ⁻¹	7,5	Datos ofrecidos por el productor
Contenido graso de la leche en % (grasa)	3,5	Criterio de experto
Energía neta para la lactancia	21,5	
Energía digerible expresada como porcentaje de la energía bruta. Rango de 45-55 IPCC (2006)	52,8	Calculado para la muestra estudiada
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y digerible consumida	0,2	Calculado para la muestra estudiada
Relación entre la energía neta disponible en la dieta para crecimiento y digerible para consumo	0,5	Calculado para la muestra estudiada
Energía bruta	282,8	
Factor de conversión en metano. % de energía bruta del alimento convertida en metano	6,5	Directrices IPCC (2006)
Factor de emisión para la fermentación entérica (kg CH_4 cabeza ⁻¹ año ⁻¹)	120,6	Calculado para la muestra estudiada
Cantidad de animales.UM cabezas de ganado (cantidad animal)	11,0	Muestra estudiada
(t CH_4)	1,3	Calculado para la muestra estudiada
(kt CH_4)	0,0013	Calculado para la muestra estudiada
Emisión para la fermentación entérica kg CH_4 año ⁻¹	1 326,4	Calculado para la muestra estudiada
CO_2 equivalente (kg CO_2 -eq año ⁻¹)	37 138,6	Calculado para la muestra estudiada

reportes se obtuvieron de estudios realizados en el país, con parámetros propios que permitieron tener datos refinados, coherentes con la realidad de Cuba. La digestibilidad del alimento es el parámetro estudiado que más peso tuvo en el cálculo del factor de emisión ya que, mientras menos digestible sea el alimento, mayores son las emisiones de CH_4 entérico.

Estos resultados coinciden con lo informado por Hernández (2020), en México, donde los vacunos que consumían alimentos de menor digestibili-

dad, principalmente las vacas lecheras, fueron los que más CH_4 entérico emitieron. El otro parámetro fue el peso del animal y la lactancia, puesto que tiene mayor consumo de alimento, lo que conduce también a que aumente el volumen de producción de CH_4 a nivel ruminal.

Por otra parte, el consumo de alimento se correlaciona positivamente con el tamaño del animal, la tasa de crecimiento y la lactancia. Resultados similares se informaron por Vega (2022) en Cuba.

Conclusiones

Las emisiones de metano en vacas Siboney de Cuba en la finca mostraron que estas emisiones son significativas y contribuyen sustancialmente al inventario de gases de efecto invernadero. Las emisiones estimadas fueron de 1 326,4 kg CH₄ año⁻¹, lo que equivale a 37 138,6 kg CO₂-eq año⁻¹. Esto subraya la importancia de considerar a las vacas lecheras como una subcategoría clave en la mitigación de gases de efecto invernadero.

Los factores que más influyeron en el cálculo del factor de emisión fueron el peso del animal y el requerimiento de energía bruta, especialmente durante etapas de mayor ingesta de alimentos. La baja calidad del alimento suministrado a las vacas en la finca estudiada se asoció con un aumento en las emisiones de metano debido a la fermentación entérica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al propietario de la finca La Liliana, por permitir el acceso a su finca y aportar valiosos datos para el desarrollo del presente trabajo, además del apoyo del proyecto PN 0-50 del Programa Nacional de Ciencia, Técnica e Innovación “Cambio climático en Cuba: Impactos, mitigación y adaptación” que aportó el financiamiento para el estudio.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no hay ningún conflicto de interés.

Contribución de los autores

- Yudith Lamothe-Crespo. Participó en el diseño de los experimentos, procesamiento de los datos, cálculo, análisis e interpretación de los resultados y revisó los manuscritos para publicación.
- María del Carmen Guerra-Rojas. Contribuyó al procesamiento de los datos y cuantificación de las emisiones de metano entérico y revisó los manuscritos para publicación.
- Marlon Rodríguez-Abreu. Participó en la captación y el análisis de los datos primarios para la caracterización de la finca objeto de estudio y revisó los manuscritos para publicación.
- Janet Blanco-Lobaina. Participó en la caracterización de la base alimentaria de la finca y revisó los manuscritos para publicación.

Referencias bibliográficas

Benaouda, M.; González-Ronquillo, M.; Molina, Luisa T. & Castelán-Ortega, O. A. 2017 Estado de la

investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 8 (4):965-974. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.20>.

CITMA. 2020. *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. E. O. Planos-Gutiérrez y T. L. Gutiérrez-Pérez, eds. La Habana: Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>.

FAO. 2018. *Soluciones ganaderas para el cambio climático*. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/4c38936f-8175-4752-bb66-32710168079e/content>.

FAO. 2023. *Pathways towards lower emissions. A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems*. Rome: FAO. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc9029en>.

Gerber, P. J.; Steinfeld, H.; Henderson, B.; Mottet, A.; Opio, C.; Dijkman, J. et al. 2013. *Enfrentando el cambio climático a través de la ganadería. Una evaluación global de las emisiones y oportunidades de mitigación*. Roma: FAO. <https://www.fao.org/4/i3437s/i3437s.pdf>.

Hernández, O. A. 2020. *Emisión de gases de efecto invernadero en unidades de producción bovina en Chiapas, México*. Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical. Chiapas, México: Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad Autónoma de Chiapas.

IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. National Greenhouse Gas Inventories Programme*. Japan: IGES. https://www.pcbs.gov.ps/Portals/_PCBS/Class/English/Geography/IPCC.pdf.

Johnson, K. A. & Johnson, D. E. 1995. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73 (8):2483-2492. DOI: <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>.

Tubiello, F. N.; Salvatore, M.; Córdor-Golec, R. D.; Ferrara, A.; Rossi, S.; Biancalani, R. et al. 2014. *Agricultura, Silvicultura y otros usos de la tierra. Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros análisis 1990-2011*. Roma: FAO. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/faf6b2b1-a8ec-4e33-88e3-8bbbeadb9156/content>.

Vega, D. 2022. *Emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la ganadería en Cuba*. Tesis presentada en opción al título de Licenciatura en Meteorología. La Habana: INSTEC.