

Inventario

de gases de efecto invernadero en el sector agricultura del municipio Cumanayagua

Inventory of greenhouse gas emissions in the agriculture sector of municipality of Cumanayagua

Dianelly Gómez Díaz*

E.mail: dianellygomez2310@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0779-235X>

Endris Yoel Viera González¹

E.mail: endrisviera@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2801-5530>

Sinaí Barcia Sardiñas²

E.mail: sinaibs@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5268-1034>

Osmany Chibás Guevara³

E.mail: osmanychibas@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4393-0067>

¹ Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos

² Investigadora Independiente EEUU

³ Escuela Ramal del Ministerio de la Agricultura. Sede Cienfuegos

*Autor para correspondencia

Recibido: 20/11/25

Aceptado: 11/12/25

Publicado: 23/12/25

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Gómez Díaz, D., Viera González, E. Y., Barcia Sardiñas, S. & Chibás Guevara, O. (2025). Inventario de gases de efecto invernadero en el sector agricultura del municipio Cumanayagua. *Revista Científica Agroecosistemas*, 13, e800. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/800>

RESUMEN

En Cuba, la agricultura y la ganadería constituyen el segundo sector más emisor de Gases de Efecto Invernadero, responsables del 20% de las emisiones nacionales. Este estudio estimó las emisiones de gases de efecto invernadero del sector agrícola en el período 2010-2020 en el municipio Cumanayagua. Para estimar dichas emisiones se utilizaron las Directrices metodológicas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático para elaborar Inventarios Nacionales de gases de efecto invernadero, versión 2006. Estas directrices permiten el uso de métodos con distinto grado de complejidad, dependiendo de la disponibilidad de información de datos de actividad; y permiten realizar estimaciones de GEI en todas las fuentes posibles de un territorio en un marco común. En 2020 dichas emisiones fueron de 57.5 Gg CO₂eq (representa un 29.8% menor que el año 2010). Del total de éstas, el 60.4% correspondió al metano, el 39.6% al óxido nitroso y no se emitieron emisiones de dióxido de carbono. Las emisiones de metano ascendieron a 34.7 Gg CO₂eq provenientes principalmente de la fermentación entérica del ganado, actividad que aportó 33.1 Gg CO₂eq, (95.4% de las mismas). Las emisiones de óxido nitroso del sector escalaron a 22.8 Gg CO₂eq procedentes principalmente de las actividades vinculadas a los suelos agrícolas, siendo las excretas directas del ganado en pasturas las que más aportaron óxido nitroso con 14.9 Gg CO₂eq, que representó el 65.2% de ellas. El inventario realizado constituye una herramienta valiosa para tomar decisiones a nivel local, priorizar acciones y medidas de mitigación acorde a las metas nacionales.

Palabras claves:

Metano, Óxido nitroso, Fermentación entérica, Excretas ganaderas, Mitigación

ABSTRACT

In Cuba, agriculture and livestock constitute the second largest emitting sector of Greenhouse Gases, accounting for 20% of national emissions. This study estimated of Greenhouse Gases emissions from the agricultural sector during the period 2010-2020 in the municipality of Cumanayagua. The methodological Guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change for preparing National Greenhouse Gas Inventories, 2006 version, were used to estimate these emissions. These guidelines allow for the use of methods with varying levels of complexity, depending on the availability of activity data information, and enable Greenhouse Gases estimations for all possible sources within a territory under a common framework. In 2020, these emissions amounted to 57.5 Gg CO₂eq (representing a 29.8% decrease compared to 2010). Of this total, 60.4% corresponded to methane, 39.6% to nitrous oxide, and no carbon dioxide emissions were recorded. Methane emissions reached 34.7 Gg CO₂eq, primarily originating from enteric fermentation in livestock, which contributed 33.1 Gg CO₂eq (95.4% of these emissions). Nitrous oxide emissions from the sector amounted to 22.8 Gg CO₂eq, mainly coming from activities related to agricultural soils, with direct dung deposition by grazing livestock being the largest contributor of nitrous oxide at 14.9 Gg CO₂eq, representing 65.2% of these emissions. The developed inventory serves as a valuable tool for local decision-making, prioritizing actions and mitigation measures in line with national goals.

Keywords:

Methane, Nitrous oxide, Enteric fermentation, Livestock manure, Mitigation

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es la mayor de las amenazas medioambientales que enfrenta la humanidad y una problemática que afecta la calidad de vida humana y por esta razón, debe atenderse de manera urgente. El Informe especial VI, presentado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) muestra que, para evitar el calentamiento global promedio de 1.5°C - 2°C por encima de los niveles preindustriales, deben disminuir las emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) en un 45 % en 2030 (con respecto a 2010), y llegar a cero netos para 2050, a través de la transición rápida y de gran alcance en los sectores de energía, uso de suelo, infraestructura e industria (IPCC, 2018).

La agricultura no sólo es víctima del cambio climático, sino también fuente de emisiones de GEI. La actividad agrícola genera una cantidad considerable de emisiones de GEI, que contribuyen en gran medida al calentamiento global y al cambio climático. Esta actividad libera importantes cantidades de metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), dos potentes GEI. El CH_4 es producido por el ganado durante la digestión debido a la fermentación entérica y se libera por los eructos. También puede ser liberado por el estiércol, en los residuos orgánicos almacenados en los vertederos y en la producción de arroz anegado. Las emisiones de N_2O son un producto indirecto de los fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales (IPCC, 2006). Los cambios en el uso del suelo, como la deforestación y la degradación del suelo, dos efectos devastadores de las prácticas agrícolas insostenibles, también emiten grandes cantidades de carbono a la atmósfera y contribuyen al cambio climático. De igual forma, los incendios en la vegetación provocan emisiones importantes de dióxido de carbono (CO_2), CH_4 y N_2O .

A nivel mundial, la agricultura y la ganadería representan el 25% de las emisiones mundiales de GEI (IPCC, 2014). En Cuba, el sector agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés) es el segundo en importancia de emisiones del país. Es, además, el único que actúa como sumidero de CO_2 . En 2018 este sector representa en Cuba el 18.8% de las emisiones de GEI. En el mismo año, el balance de las emisiones de GEI del sector fue negativo, lo que muestra que las remociones de la actividad forestal son superiores a las emisiones por las actividades agropecuarias. Dicho incremento se debe, fundamentalmente, al aumento en las áreas forestales del país (INSMET, 2021).

Es muy importante conocer el porcentaje total de las emisiones que se emite a nivel de país, provincia o municipio, lo cual se logra con la elaboración del Inventario de Emisiones de GEI (INGEI) (Arias y Martínez, 2019). Resulta de gran importancia este tipo de investigación ya que se convierte en un instrumento base para conocer qué tipo de emisiones se generan en su territorio y de qué sectores provienen. El inventario de GEI es una herramienta de gestión que tiene por objetivo determinar la magnitud de las emisiones y absorciones por sumidero de GEI que son directamente atribuibles a la actividad humana en un territorio definido. La estimación de las emisiones se realiza de forma indirecta, esto quiere decir que se realiza en base a

información estadística y no con mediciones físicas (Ayala et al., 2017).

Los inventarios de GEI contribuyen a identificar los sectores, categorías de fuentes y fuentes que tienen un mayor peso en las emisiones y remociones; mejorar los estimados de las emisiones globales; identificar y evaluar las estrategias de mitigación de las emisiones en el territorio; dar seguimiento a las emisiones y remociones de GEI a nivel global, regional y local; proporcionar el basamento para la ejecución de diferentes acciones según sea necesario; establecer metas de reducción, apoyar el desarrollo, implementar y monitorear el impacto de políticas, acciones y medidas para la mitigación de las emisiones; comparar, aprender y compartir buenas prácticas con otros; aumentar la confianza de tomadores de decisiones e inversores, mejorar la reputación y atraer inversiones; mejorar la comunicación con las comunidades y cumplir con los requisitos de diversas iniciativas y organizaciones (Aleman et al., 2008; Gutiérrez et al., 2020; INSMET, 2021).

Los inventarios de GEI a nivel municipal constituyen una herramienta para los decisores de cada uno de los territorios, dotándoles de informaciones necesarias para planificar acciones y medidas para mitigar los efectos del cambio climático, además, de monitorear las mismas. Para poder implementar medidas efectivas para la reducción de GEI, es necesario medir cuál es la situación actual de las emisiones en el área que se desea analizar, de ahí la importancia de realizar un inventario de emisiones de GEI (Arias y Martínez, 2019).

Cuba tiene una amplia experiencia en la elaboración de Inventarios de GEI a nivel nacional. Muestra de ello es el estudio que desarrollan Manso y Carrillo (2018) titulado “Evaluación de emisiones de gases producto de incendios forestales en Cuba en el periodo 1989 - 2014” donde se realiza el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero producto de incendios forestales para el periodo 1989-2014 y la mejora de la calidad del cálculo a partir de datos primarios, tales como localidad donde ocurre, así como la especie.

Por su parte, Sosa y Bolufé (2019) en el libro Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero: Serie Entendiendo el Cambio Climático, realizaron los cálculos de las estimaciones de emisiones de GEI en el periodo comprendido entre 1990-2016 en el Sector AFOLU.

En el año 2020, el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente, Cubaenergía y el Instituto de Meteorología (INSMET) presentaron el Primer Informe Bienal de Actualización a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, y dentro de los sectores que emiten GEI se hicieron las estimaciones del sector AFOLU (CITMA, 2020).

Se han logrado conducir importantes investigaciones relevantes acerca de las estimaciones de estos gases, publicándose varios libros, informes, y artículos científicos, así como la ejecución de proyectos que han permitido planificar e implementar acciones y medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático en varias zonas del país.

Alemán y Rodríguez (2010) realizan el inventario de emisión y absorción de gases de efecto invernadero en los módulos de agricultura y cambio y uso de la tierra para el periodo 2000 -2005 en la provincia de Matanzas. Este estudio confirma que en el Sector de la Agricultura el ganado vacuno es el que aporta la mayor emisión, seguido de los cerdos, debido principalmente al sistema de manejo del estiércol y a la fermentación entérica. Además, producto de la absorción de CO₂ que producen las áreas boscosas y plantaciones del territorio, la provincia actúa como sumidero de CO₂, con una absorción total del periodo que se analiza de 31,559.06 Gg CO₂.eq.

La investigación tiene como objetivo general estimar las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola en el periodo 2010-2020 en el municipio Cumanayagua con base en las directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006).

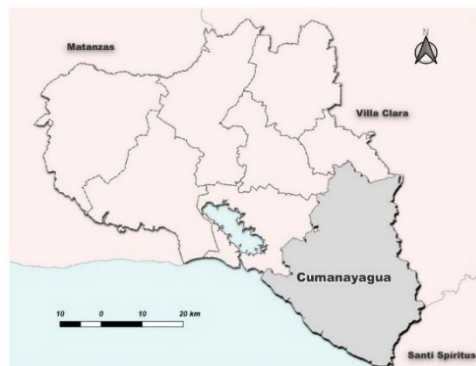
Los resultados de esta investigación, sin dudas, contribuyen a la Tarea 8 del Plan de Estado "Tarea Vida" que promueve la implementación de medidas de adaptación y mitigación del cambio climático, además forman parte de los resultados del Proyecto Nacional: Fortalecimiento de las capacidades del sector agropecuario de la provincia de Cienfuegos en la mitigación y adaptación al Cambio Climático (AGROFORT - 100).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de Cumanayagua. El mismo se encuentra situado al sureste de la provincia Cienfuegos. Limita al norte con el municipio de Cruces, al este con los municipios de Manicaragua y Trinidad de las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus respectivamente, al sur con el Mar Caribe y por la parte oeste con los municipios de Cienfuegos y Palmira (Figura 1). La extensión superficial del municipio Cumanayagua es de 1 089,3 km². Con una población residente de 48 108 habitantes (66.3% población urbana y 33.7% población rural) y una densidad de población de 44,4 hab/ km² (ONEI, 2021).

Figura 1. Localización geográfica del municipio de Cumanayagua.



Fuente: Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos

Metodología para el cálculo de las emisiones de GEI

Existen diversas metodologías para la elaboración de GEI, sin embargo, la utilizada en la presente investigación se

basó en las Directrices del IPCC (2006) para la elaboración de inventarios de GEI, específicamente su 3er Módulo (Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra - AFOLU). Dentro de este último solo se estimaron las emisiones de las categorías Ganadería (3.A) y Fuentes Agregadas y Emisiones de gases no CO₂ (3.C). El estudio se realizó a nivel municipal para la serie temporal 2010-2020.

Para estimar las emisiones GEI se utilizó la ecuación 1 base del IPCC (2006) que plantea que estas son el resultado de la multiplicación de Datos de Actividad (DA) por Factores de Emisión (FE).

$$E = DA * FE \quad (1)$$

Los DA describen la magnitud cuantitativa de la actividad humana que resulta en emisiones o absorciones de GEI, que tiene lugar durante un periodo dado de tiempo y en una zona determinada. Los FE por su parte, son coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones de un gas por los datos de la unidad de actividad. Los factores de emisión están basados en muestras de mediciones, promediados en varios niveles de detalle dependiendo de la metodología de Nivel utilizada, con el objeto de desarrollar una tasa representativa de emisión para un dado nivel de actividad, bajo un conjunto de condiciones operativas dadas.

Dicha metodología establece 3 niveles de complejidad que están en función de la representatividad de los DA y FE en la zona de estudio. Los FE utilizados en su mayoría, fueron por defecto (Nivel 1) tomados de las Directrices del IPCC (2006). No obstante, para el ganado vacuno de la subcategoría Fermentación entérica se utilizaron FE propios del país, determinados mediante juicio de expertos del sector en Cuba, expertos asesores de Colombia y el Equipo Técnico de Gases de Efecto Invernadero (ETGEI) de Cuba y utilizados en la Tercera Comunicación Nacional (TCN) a la CMNUCC. Asimismo, algunas subcategorías no fueron estimadas, debido a la falta de información.

Los resultados se expresan en Giga gramos de dióxido de carbono equivalente (Gg de CO₂ eq) y para esto fueron empleados los valores del Potencial de Calentamiento Global proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación, para los gases estimados (CO₂, N₂O y CH₄).

La elaboración de la propuesta de medidas de mitigación para el sector agropecuario de la provincia se realizó a partir de un proceso que integró el análisis de la revisión bibliográfica de la literatura existente (libros, artículos en revistas, páginas web, ponencias de congresos, etc.), la generación de información cualitativa a través de entrevistas con actores claves del sector y talleres de discusión. A partir de este proceso, se buscó generar información cuantitativa y cualitativa, validada por expertos en el área y que por lo tanto, permitiese generar una propuesta de medidas acorde a las condiciones económicas y políticas del país y en especial la provincia.

Este proceso constó de dos etapas: Identificar opciones de Mitigación y Descripción de las medidas de mitigación.

Identificar opciones de Mitigación:

En esta etapa se revisaron, analizaron e identificaron las medidas con impacto en la mitigación, en base a un análisis bibliográfico a nivel mundial, regional y de país para el sector agropecuario. La definición de las posibles opciones de medidas de mitigación adaptadas a la realidad del sistema agropecuario de la provincia fue realizado a través de discusiones con el grupo de expertos que incluyeron directivos, especialistas y técnicos del sector. El objetivo de las discusiones con el grupo de expertos fue depurar una lista de medidas generales y generar una nueva lista en la que quedarán aquellas estrategias que tuvieran mejores posibilidades de implementarse y que tengan menos barreras para su implementación.

Descripción de la medida de mitigación:

Fue necesario proporcionar información clave relacionada con las medidas de mitigación. La revisión bibliográfica efectuada permitió definir los elementos necesarios para la descripción de cada medida de mitigación. Los elementos que conformaron la descripción de cada medida de mitigación fueron tomados de (CITMA, 2020) y modificados teniendo en cuenta las características del territorio y la información existente. A continuación se relacionan los elementos considerados: Nombre de la medida de mitigación, objetivos y descripción de la misma; Alcance y cobertura, incluidos, según corresponda, sector, categoría, subcategoría, fuentes, gases, alcance; Entidad ejecutora; Estado de la medida; Período de implementación de la medida de mitigación (año base y año meta); Resultados Esperados; Potencial de extensión de la acción de mitigación; Acciones requeridas para su Implementación y Co-beneficios.

Materiales:

El Sector Agricultura incluye las emisiones y remociones de GEI asociadas a diversas actividades silvoagropecuarias de tierras gestionadas en las cuales ha existido la

intervención humana. En este estudio solamente se estimaron las emisiones de GEI de dicho sector. Las actividades emisoras y las consecuentes emisiones de GEI incluidas en este son:

Subsector Ganadería

Categoría: 3.A Ganado: 3.A.1 Fermentación entérica (CH_4); 3.A.2 Gestión de estiércol (CH_4 y N_2O).

Subsector Agricultura

Categoría: 3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisión no CO_2 de la tierra: 3.C.1 Quemado de biomasa (CH_4 y N_2O); 3.C.3 Aplicación de urea (CO_2); 3.C.4 Emisiones directas de N_2O de suelos gestionados (N_2O); 3.C.5 Emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados (N_2O) y 3.C.6 Emisiones indirectas de N_2O resultante de la Gestión del Estiércol (N_2O).

La recolección de datos constituyó una etapa clave en el desarrollo del inventario de GEI. Los DA utilizados en esta investigación provinieron de las siguientes fuentes de información:

- Oficina Territorial de Estadística e Información (OTEI).
- Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos
- Cuerpo de Guardabosques de Cienfuegos (CGB).

La recolección de los DA cumplió los principios para garantizar la calidad de estos:

- Los datos fueron de fuentes confiables y seguras,
- Los datos fueron temporales y geográficamente específicos al límite del inventario, y tecnológicamente específico a la actividad que se estaba midiendo.

La Tabla 1 contiene la descripción general de las categorías de fuente, componentes, gases, métodos aplicados, principales fuentes de información de los datos de actividad y de los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones de GEI en el Sector Agricultura.

Tabla 1. Metodología y fuentes de información para la estimación de las emisiones de GEI por componentes, subcategorías del Sector Agricultura.

Categorías de fuente	Componentes	Gases	Método	Datos de actividad	Fuente del dato de actividad	Fuente del Factor de Emisión
3.A Ganado						
3.A.1	3A1a - Bovinos, 3A1b - Búfalos, 3A1c - Ovinos, 3A1d -Caprinos, 3A1f - Caballos, 3A1g - Mulas y asnos, 3A1h - Porcino, 3A1i - Aves de corral	CH_4	Nivel 1 y 2	Población animal por especie	Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos, ONEI	TCN, 2020 IPCC, 2006 Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14, 10.15,
3.A.2	A2a - Bovinos, 3A2b - Búfalos, 3A2c -Ovinos, 3A2d -Caprinos, 3A2f - Caballos, 3A2g - Mulas y asnos, 3A2h - Porcino,	CH_4	Nivel 1	Población animal por especie		IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14, 10.15,
		N_2O	Nivel 1	Población animal por especie		IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.19
				Tasa de excreción		Cuadro 10 A-5 al 10-9
				Masa Típica del animal		
				Sistemas de tratamiento del estiércol		IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.21.

3.C Fuentes agregadas y fuentes de emisiones no CO2 de la tierra						
3.C.1	C1a. Quema de Biomasa de Tierras Forestales	CH4, N2O	Nivel 1	Superficie dañada por incendios forestales	Cuerpo de Guardabosques de Cienfuegos (CGB)	Volumen 4. Capítulo 3. Cuadros 3A.1.14, 3A.1.15, 3A.1.16
3.C.3	-	CO2	Nivel 1	Urea aplicada a los suelos pertenecientes al MINAG	Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos	Volumen 4. Capítulo 11 Sección 11.4.2
3.C.4	-	N2O	Nivel 1	Aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados		Volumen 4 Capítulo 11 Cuadro 11.1
3.C.5	-	N2O	Nivel 1	Aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados		Volumen 4 Capítulo 11 Cuadro 11.3
3.C.6	-	N2O	Nivel 1	Población animal por especie		Volumen 4 Capítulo 11 Cuadro 11.3

Fuente: Elaboración propia en base a (IPCC, 2006)

Nota: 3.A1. Fermentación entérica, 3.A.2 Gestión del estiércol, 3.C.1 Quema de biomasa, 3.C.3 Aplicación de urea, 3.C.4 Emisiones directas de N₂O de suelos gestionados, 3.C.5 Emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados, 3.C.6 Emisiones indirectas de N₂O resultante de la Gestión del Estiércol.

Periodo de análisis:

El estudio se realizó para el periodo comprendido entre 2010-2020, considerando al año 2010 como el año base y el 2020 como el año actual.

RESULTADOS - DISCUSIÓN

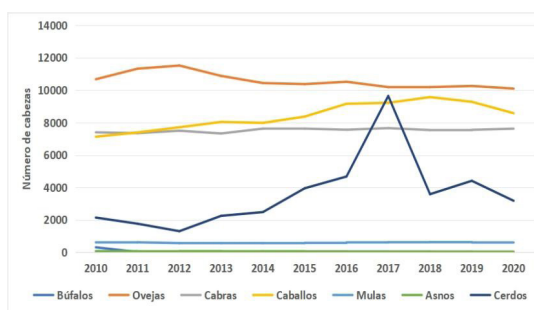
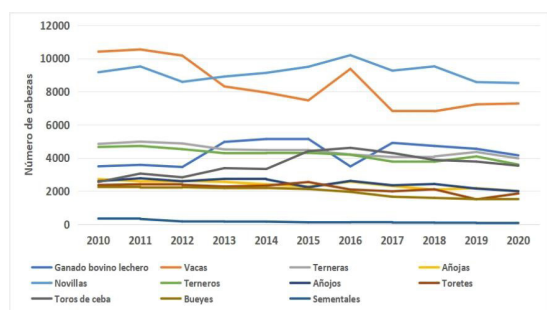
Caracterización de la población ganadera en Cumanayagua

Teniendo en cuenta que la cantidad de GEI que emite el ganado está en dependencia de la especie, así como, por la relación que existe entre la tasa de emisiones y las condiciones climáticas, se realizó un análisis de su comportamiento. La masa ganadera del municipio está compuesta por ganado vacuno, búfalos, ovinos (ovejas), caprinos (cabras), equinos (caballos), mulas y asnos y porcinos.

En el periodo estudiado 2010 – 2020 la masa ganadera del municipio inició con 73741 cabezas de ganado y concluyó el periodo de análisis con 68617 cabezas de ganado para un 6.95% de reducción. La Figura 2 muestra el comportamiento de la población de ganado vacuno en Cumanayagua. Se evidencia una reducción de la masa ganadera vacuna al final de la serie de 15.2%. Con excepción, de los toros de ceba y las vacas lecheras que crecen al final de la serie, el resto de la masa ganadera vacuna decrece.

Las restantes poblaciones de ganado se presentan en la Figura 3. El ganado caprino, equino y porcino aumentaron entre 2010 y 2020. Por el contrario, el ganado ovino, bufalino, mular, asnal, mostraron una tendencia a la disminución entre 2010 y 2020. El ganado porcino, mostró una tendencia al aumento en toda la serie con un pico máximo en 2017 (la mayor cifra de cerdos, con 9642 cabezas).

Figura 2. Población de ganado vacuno en el municipio Cumanayagua. Serie 2010 – 2020.



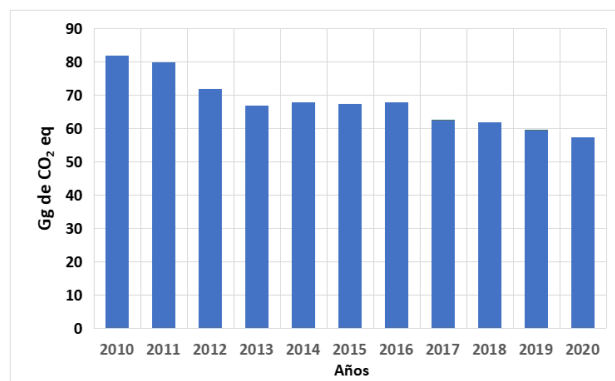
Fuente: Delegación Provincial de la Agricultura (2022)

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

Emisiones GEI por Categorías:

Las emisiones de GEI en el municipio de Cumanayagua en el sector Agricultura mostraron una tendencia a la disminución el período estudiado (Figura 4). En todos los años se mantuvieron por encima de los 59.0 Gg CO₂ eq, excepto en el 2020 que fueron de 57.5 Gg CO₂ eq. Este comportamiento de las emisiones se debió tanto a la disminución de la masa ganadera, como a la disminución en la aplicación de fertilizantes nitrogenados (urea y nitrato de amonio) en el período analizado.

Figura 4. Emisiones de GEI (Gg CO₂ eq). Municipio de Cumanayagua. Serie 2010 – 2020



Fuente: Elaboración propia

Como puede observarse en la Tabla 2, las mayores emisiones corresponden al CH₄ emitido por el ganado doméstico, fundamentalmente el procedente de la fermentación entérica. De los GEI directos le siguen en importancia las emisiones de N₂O de los suelos agrícolas.

Tabla 2. Resumen de las emisiones de GEI (Gg CO₂eq) en el sector agricultura para los años pares. Municipio de Cumanayagua. Serie 2010-2020

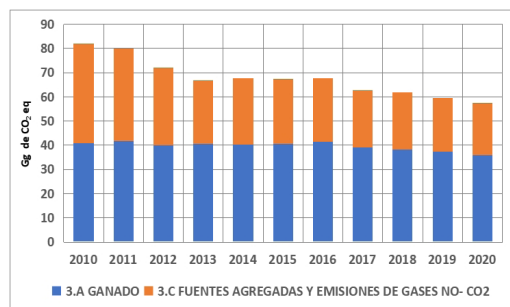
Categorías/Subcategorías	GEI	2010	2012	2014	2016	2018	2020
3.A GANADO		40.8	40.1	40.2	41.5	38.3	36.0
3.A.1 Fermentación Entérica CH ₄		37.8	37.1	37.1	38.2	35.2	33.1
3.A.2 Gestión del Estiércol	Total	3.1	3.0	3.1	3.3	3.1	2.8
	CH ₄	1.6	1.5	1.6	1.7	1.6	1.5
	N ₂ O	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.3
3.B TIERRAS		NE	NE	NE	NE	NE	NE
3.C FUENTES AGREGADAS Y EMISIONES DE GASES NO- CO ₂		41.0	31.9	27.6	26.3	23.5	21.5
3.C.1 Emisiones por quema de biomasa	Total	0.01	0.04	0.00	0.00	0.00	0.09
	CH ₄	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.06
	N ₂ O	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03
3.C.3 Aplicación de Urea	CO ₂	3.1	1.1	0.3	0.1	0.0	0.0
3.C.4 Emisiones directas en suelos gestionados	Total	28.5	23.1	20.5	19.6	17.5	16.0
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O por aporte de Fertilizantes Sintéticos	N ₂ O	10.7	5.5	2.6	1.2	0.3	0.0
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O por aporte de Orina y Estiércol	N ₂ O	0.0	0.1	0.1	0.3	0.2	0.0
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O por aporte de Estiércol animal aplicado a los suelos	N ₂ O	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1
3.C.4 Emisiones directas de N ₂ O por aporte de Orina y Estiércol	N ₂ O	16.6	16.4	16.6	16.9	15.9	14.9
3.C.5 Emisiones indirectas en suelos gestionados	N ₂ O	8.1	6.4	5.5	5.2	4.7	4.2
3.C.6 Emisiones indirectas de N ₂ O de gestión de estiércol	N ₂ O	1.3	1.3	1.3	1.4	1.3	1.2
Total		81.9	71.9	67.8	67.8	61.8	57.5

Fuente: Elaboración propia

NE -- No Estimado

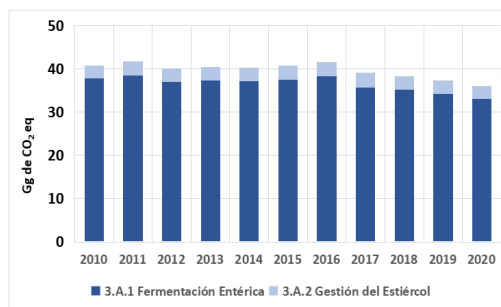
La categoría “3.A. Ganadería” fue la que mostró las mayores emisiones de GEI en el 2020, con 36.0 Gg CO₂eq (62.6% del total de emisiones) (Figura 5). Dentro de esta, la fermentación entérica representó el 92.1% (Figura 6). El principal origen de estas emisiones se focalizó en el ganado vacuno no lechero (68.8%) y en el ganado equino (9.8%). El restante 7.9% de las emisiones de la categoría fueron por la Gestión del estiércol.

Figura 5. Desagregación de las emisiones de GEI (Gg CO₂eq) de la Agricultura. Municipio Cumanayagua. Serie 2010 – 2020.



Fuente: Elaboración propia

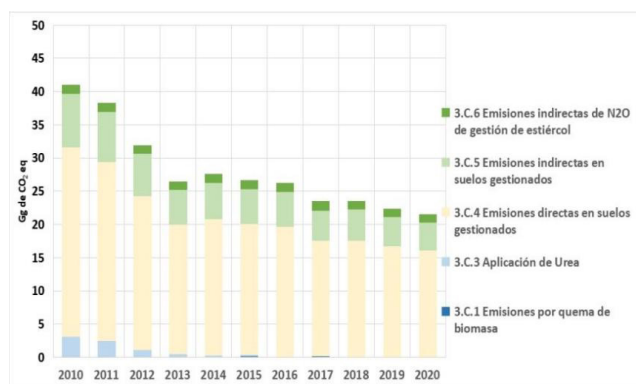
Figura 6. Desagregación de las emisiones de GEI (Gg CO₂eq) de la categoría “Ganadería”. Municipio Cumanayagua. Serie 2010 – 2020.



Fuente: Elaboración propia

La categoría “3.C. Fuentes agregadas y emisiones de gases no - CO₂” compiló en el 2020, 21.5 Gg CO₂eq (37.4 % del total de las emisiones). Dentro de esta, las emisiones de N₂O del manejo de suelos agrícolas tuvieron el mayor impacto totalizando el 94.1 %. Las emisiones directas de N₂O de suelos gestionados constituyó la subcategoría más significativa con 16.0 Gg CO₂eq que representó un 74.4% (Figura 7). Dentro de ella, el peso primordial lo tuvieron las deposiciones de animales de pastoreo con el 93.0%. Le siguieron en orden de importancia las emisiones indirectas de N₂O de suelos gestionados que representaron el 19.7%, las emisiones indirectas de N₂O de manejo de estiércol (5.5%) y emisiones por quema de biomasa forestal (0.4%). En el 2020 no se reportó aplicación de urea por lo que no se emitió CO₂ a la atmósfera.

Figura 7. Desagregación de las emisiones de GEI (Gg CO₂eq) de la categoría “Fuentes agregadas y emisiones de gases No-CO₂”. Municipio Cumanayagua. Serie 2010 – 2020.

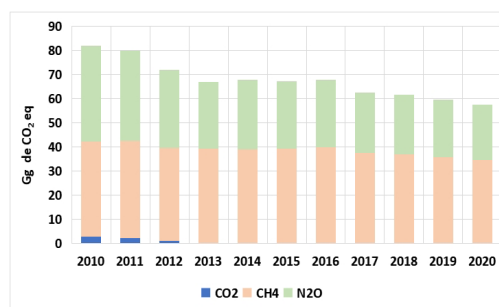


Fuente: Elaboración propia

Emisiones por Tipo de GEI

Del total de las emisiones del municipio en el 2020, 34.7 Gg CO₂eq (60.4%) correspondió al CH₄, 22.8 Gg CO₂eq (39.6 %) al N₂O, y CO₂ no se emitió en el municipio (Figura 8). Las emisiones de CH₄, provinieron principalmente de la fermentación entérica del ganado, actividad que aportó un 95.4% de estas, seguido de la gestión del estiércol del ganado con un 4.4%. La quema de biomasa forestal aportó el 0.2 % del metano emitido en el 2020.

Figura 8. Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) por tipo de gas emitido. Municipio Cumanayagua. Serie 2010 – 2020.



Fuente: Elaboración propia

Emisiones de GEI por Subcategorías

Emisiones Provenientes de la Ganadería

La categoría Ganadería, reportó para el año 2020 un total de 36.0 Gg CO₂ equivalente, lo que representó una reducción de un 11.9% con respecto al año 2010. En ella se recogieron las subcategorías fermentación entérica y gestión del estiércol.

Fermentación Entérica del Ganado (3.A.1). Para el año 2020, las emisiones de metano generadas por la Fermentación entérica fueron de 1.58 Gg CH₄ que equivalen a 33.1 Gg CO₂eq, representando el 57.7% de las emisiones del municipio, las que disminuyeron en un 12.3 % con respecto al 2010 (Figura 9). En el período analizado se aprecia que las emisiones de CH₄ alcanzaron un máximo en el año 2011 con 38.5 Gg CO₂ eq, para luego disminuir hacia el 2020. Este comportamiento estuvo relacionado a que la población ganadera experimentó una disminución hacia los últimos años de la serie.

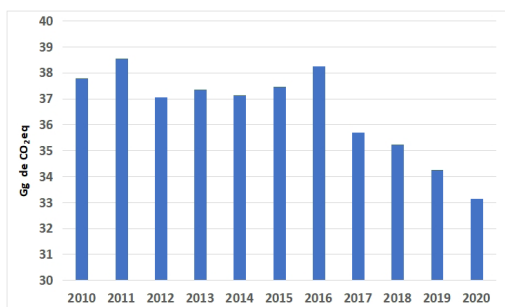
Al analizar las emisiones por componente animal, se aprecia que la mayor parte de las emisiones de CH₄ correspondientes a la Fermentación Entérica fueron originadas por el ganado vacuno. El número de cabezas de ganado vacuno está positivamente relacionado con las emisiones de CH₄ por Fermentación entérica, tal y como plantean Gacia (2011), Hernández (2020) y Vega (2022). Este tipo de ganado en su conjunto fue el responsable del 84.0 % de las emisiones en el 2020, el ganado equino aportó el 9.8% y el

conjunto de las restantes especies tuvo un impacto menor en las emisiones de la categoría. Particularmente, las mulas y asnos fueron las especies de menor impacto con el 0.4 %. Al comparar con el año base se observa una reducción de las emisiones del ganado bovino (2.4%). El resto de las especies crecieron en las emisiones ovinos (0.2%), caprino (0.4%), equinos (2.7%) y el porcino (0.1%).

Gestión del estiércol (3.A.2). Para el año 2020, las emisiones de CH_4 y N_2O generadas por la Gestión del estiércol fueron de 0.07 Gg CH_4 y 0.004 Gg N_2O , respectivamente,

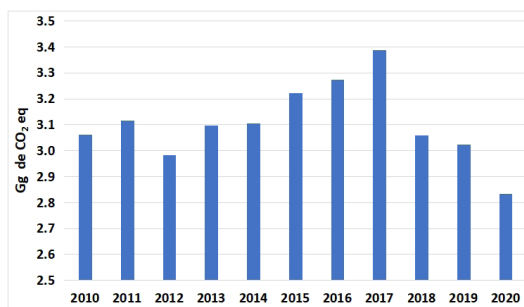
que equivalen a 2.8 Gg CO_2eq , representando el 4.9% de las emisiones del municipio, las que disminuyeron un 7.4 % con respecto al 2010 (Figura 10). En el período analizado se aprecia que las emisiones de CH_4 alcanzaron un máximo en el año 2017 con 1.9 Gg CO_2eq , para luego disminuir hacia el 2020. En el caso del N_2O el pico máximo lo alcanzó en 2011 con 1.55 Gg CO_2eq y mantuvo la tendencia a la disminución al final de la serie. Este comportamiento estuvo relacionado a que la población ganadera experimentó una disminución hacia los últimos años de la serie.

Figura 9. Emisiones de CH_4 (Gg CO_2eq) procedentes de la Fermentación Entérica (3.A.1) en el municipio de Cumanayagua. Serie 2010 - 2020



Fuente: Elaboración propia

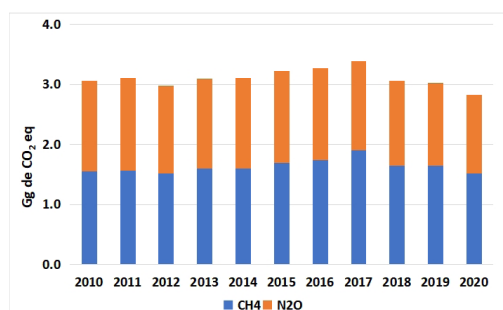
Figura 10. Emisiones de CO_2eq (Gg CO_2eq) de la subcategoría Gestión del Estiércol (3.A.2) Municipio Cumanayagua. Serie 2010-2020



Fuente: Elaboración propia

El mayor por ciento de las emisiones correspondió al metano, representando más del 53.6% en todo el período (Figura 11). En el año 2020 en el municipio se emitieron 1.5 Gg de CO_2eq . Los principales factores que inciden en las emisiones de CH_4 son: (a) la cantidad de estiércol que produce el ganado vacuno, (b) la población de los animales y (c) el método que se aplica para manejar el estiércol.

Figura 11. Emisiones de CO_2eq (Gg CO_2eq) de la subcategoría Gestión del Estiércol (3.A.2) por tipo de gas



Fuente: Elaboración propia

Al analizar las emisiones por componente animal, se pudo ver que la mayor parte de las emisiones de CO_2eq correspondientes a la Gestión del estiércol fueron originadas por el ganado vacuno, seguidas del equino. Este resultado coincide con el realizado por Alemán y Rodríguez (2010) en la provincia Matanzas donde confirman que en el Sector de la Agricultura el ganado vacuno es el que aporta la mayor emisión, seguido de los cerdos, debido principalmente al sistema de manejo del estiércol y a la fermentación entérica. El ganado vacuno fue el responsable del 77.0 % de

las emisiones en el 2020, el ganado equino aportó 13.9% y el conjunto de las restantes especies tuvo un impacto menor en las emisiones de la categoría. Particularmente, el ganado bufalino y las aves de corral fueron las especies de menor impacto dado que no reportaron emisiones. Al comparar con el año base se observa una reducción de las emisiones del ganado bovino lechero (8.1%), bufalino (0.4%). El resto de las especies crecieron en sus emisiones caprino (0.1%), equinos (3.2%), y porcinos (2.2%).

Emisiones de GEI Provenientes Fuentes Agregadas y Emisiones de Gases no - CO_2

La categoría (3.C) Fuentes agregadas y emisiones de no CO_2 provenientes de la tierra, reportó para el año 2020 un total de 21.5 Gg CO_2eq equivalente lo que representa un 47.6% menos que en el año 2010. Esta categoría contempla las emisiones por quemado de biomasa, emisiones de CO_2 por aplicación de urea, emisiones directas N_2O de suelos gestionados, emisiones indirectas de N_2O de suelos gestionados por la deposición atmosférica de nitrógeno volatilizado y emisiones por nitrógeno lixiviado, las emisiones indirectas de N_2O proveniente de la gestión de estiércol y emisiones de metano para cultivos de arroz (subcategoría que no aplica para el municipio).

Emisiones por Quema de Biomasa Forestal (3.C.1a). En el año 2020 las emisiones de CH_4 y N_2O por la quema de biomasa en tierras forestales correspondientes al municipio fueron despreciables, con valores muy pequeños.

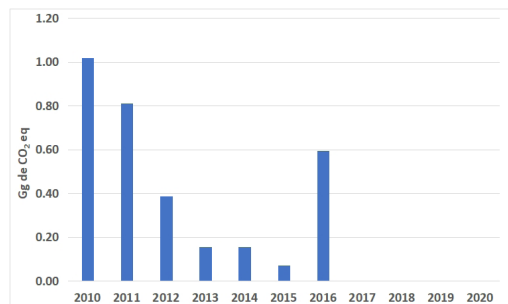
Aplicación de Urea (3.C.3). En el año 2020, no hubo emisiones de CO_2 generadas por la aplicación de urea dado que en el municipio no se aplicó este producto. Las emisiones

de CO₂ producto de la aplicación de la urea mantuvieron una tendencia a la disminución en toda la serie temporal (Figura 12).

Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados (3.C.4). En esta subcategoría solamente se estimaron las emisiones directas de N₂O producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos (urea y nitrato de amonio), los aportes de Residuos de Cosechas, los aportes de Estiércol animal

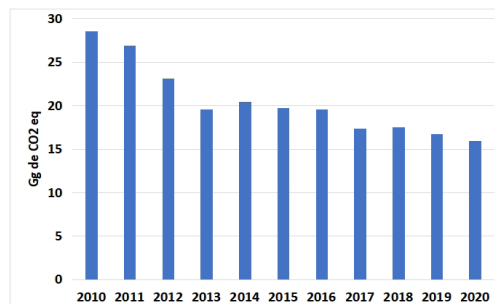
aplicado a los suelos y los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo. El resto de los aportes no se estimaron por no contar con los datos de actividad. Como se aprecia en la Figura 13 y en el municipio de Cumanayagua se experimentó un decrecimiento de las emisiones de N₂O por esta categoría en la serie, dado por la disminución del uso de fertilizantes sintéticos y la masa ganadera.

Figura 12. Emisiones de CO₂ (Gg CO₂eq) de la subcategoría Aplicación de Urea (3.C.3). Municipio de Cumanayagua. Serie 2012-2020



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. Emisiones de CO₂ eq (Gg CO₂eq) procedentes de Emisiones directas de N₂O de los suelos gestionados (3.C.4) en el municipio de Cumanayagua. Serie 2010 - 2020



Fuente: Elaboración propia

En el año 2020, las emisiones directas de N₂O generadas por suelos gestionados fueron de 16.0 Gg CO₂eq, que representa el 27.8 % de las emisiones del municipio.

El mayor aporte de N₂O a partir de los suelos gestionados se corresponden a los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo, que en el 2020 llegaron a ser del 93.0 % de la subcategoría.

Emisiones Indirectas de N₂O de los Suelos Gestionados (3.C.5). Las emisiones indirectas provenientes de suelos gestionados contemplan el N₂O por deposición atmosférica del nitrógeno volatilizado de suelos gestionados y el N₂O del nitrógeno por lixiviación o escorrentía de suelos gestionados. En esta subcategoría, al igual que en la anterior, solamente se contemplaron los aportes aplicación de fertilizantes sintéticos (urea y nitrato de amonio), los aportes de Residuos de Cosechas, los aportes de Estiércol animal aplicado a los suelos y los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo producidos por volatilización y lixiviación. El resto de los aportes no se estimaron por no contar con los datos de actividad.

Las emisiones indirectas de N₂O de los suelos gestionados mostraron un comportamiento similar a la subcategoría

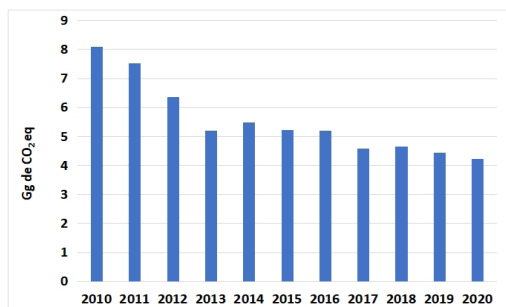
analizada anteriormente con una pendiente negativa en toda la serie (Figura 14).

En el año 2020, las emisiones indirectas de N₂O generadas por suelos gestionados en el municipio fueron de 0.014 Gg N₂O que equivalen a 4.2 Gg CO₂eq y representan 7.4% de las emisiones del municipio.

Emisiones Indirectas de N₂O Provenientes de la Gestión del Estiércol (3.C.6). En el año 2020, las emisiones indirectas de N₂O generadas por el manejo de estiércol fueron de 0.004 Gg N₂O que equivalen a 1.17 Gg CO₂eq, que representa el 2.0% de las emisiones del municipio.

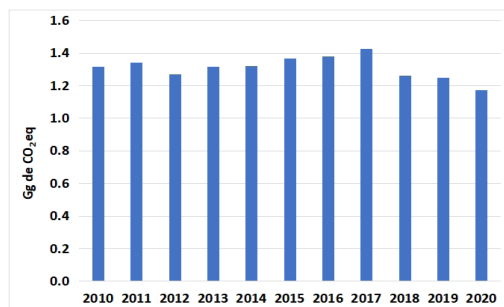
Respecto a la evolución de las emisiones indirectas producto de la gestión del estiércol, en la Figura 15 se aprecia que mantuvieron un comportamiento bastante estable con una tendencia a la disminución al final de la serie temporal. Estas aumentaron en el período comprendido entre 2010 y 2017 cuando se alcanzó el pico de emisiones totalizando 1.42 Gg CO₂eq. El período del 2017 al 2020 se caracterizó por la reducción de las emisiones, evidenciándose un decrecimiento de 11.0% de las emisiones con respecto al 2010.

Figura 14. Emisiones de CO₂ eq (Gg CO₂eq) procedentes de Emisiones indirectas de N₂O de los suelos gestionados (3.C.5) en el municipio de Cumanayagua. Serie 2010 - 2020.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Emisiones indirectas de N₂O (Gg CO₂eq) producto de la Gestión del estiércol (3.C.6). Municipio Cumanayagua. Serie 2010 - 2020.



Fuente: Elaboración propia

Propuesta de medidas de mitigación para reducir las emisiones de GEI

A continuación, se presentan las medidas de mitigación propuestas, enfocadas a la reducción de las emisiones en las subcategorías más emisoras de GEI. Estas medidas se definieron teniendo en cuenta las circunstancias y realidades actuales del municipio, provincia y del país, tienen alcance municipal y fueron propuestas para hacer frente a los desafíos del cambio climático. Ellas son:

1. Disminuir la producción de CH₄ de la masa ganadera sin afectar los rendimientos productivos a partir del manejo alimenticio.
2. Implementar acciones de gestión eficiente del estiércol por parte de los propietarios y tenentes de ganados.
3. Incrementar la cobertura forestal en la provincia que actúa como sumidero de CO₂, potenciando los territorios con menor índice boscoso.

Las tablas 3 y 4 recogen la ficha técnica para las medidas de mitigación y los detalles para su implementación en la categoría 3.A Ganado enfocadas en la fermentación entérica y gestión del estiércol.

Tabla 3. Ficha técnica para la medida No. 1 relacionada con la Fermentación entérica del ganado.

Medida 1: Disminuir la producción de CH4 de la masa ganadera sin afectar los rendimientos productivos a partir del manejo alimenticio.					
Acciones	Objetivo	Entidad ejecutora	Estado	Período de implementación	
				año base:	año meta:
Alimentación	Garantizar la cantidad de alimentos demandados por los animales en cada etapa de su desarrollo contribuyendo a la disminución los GEI.	MINAG / ANAP	Diseño	2025	2030
Manipulación de la dieta y balance de nutrientes					
Descripción de la medida	Suministrar las cantidades de alimentos y requerimientos alimenticios demandados por los animales en cada categoría, a través de una dieta balanceada que favorezca altos rendimientos productivos y la disminución de la producción de CH4 debido a la estructuración de los alimentos suministrados.				
Alcance y cobertura					
- Sector	AFOLU				
- Categoría	3. A. Ganado				
- Subcategoría	3.A.1. Fermentación entérica				
- Fuente	Ganado				
- Gas	CH4				
- Alcance	Municipal				
Resultados Esperados	Incremento de los resultados productivos de la masa, manteniendo una alta eficiencia productiva por animal y con la consecuente disminución de los aportes de GEI debido a la dieta que consumen. Reducción significativa en las emisiones de metano de los sistemas de ganado rumiantes.				
Potencial de extensión de la acción de mitigación	Puede extenderse a las áreas ganaderas del territorio.				
Acciones requeridas para su implementación	Demanda la capacitación del personal que dirige y trabaja en la ganadería, con el acompañamiento de la Escuela Ramal del Minag, Universidad y Centros de Investigaciones que colaboran en el territorio. Se requiere de tecnologías apropiadas a tales fines.				
Co- beneficios	Beneficios nutricionales en la población debida a la mayor a la mayor productividad de la masa.				

Fuente: Elaboración propia

La medida ha constituido un reclamo constante del sistema de producción ganadero para el aumento de la producción en el municipio, proporcionándoles a los animales los requerimientos nutricionales demandados a partir de la incorporación de pastos mejorados, plantas proteicas, arbustivas forrajeras, entre otras.

Tabla 4. Ficha técnica para la medida No. 2 relacionada con la Gestión del estiércol del ganado.

Medida 2: Implementar las acciones de gestión eficiente del estiércol por parte de los propietarios de ganados.					
Acciones	Objetivo	Entidad ejecutora	Estado	Período de implementación	
				año base:	año meta:
Estabulación Tratamiento del Estiércol Almacenamiento del Estiércol Aplicación del Estiércol	Disminuir el aporte de GEI a partir de la recolección, tratamiento apropiado y aplicación de residuos a las áreas de producción.	MINAG/ ANAP	En diseño	2025	2030
Descripción de la medida	Concentración de animales en lugares cerrados, con piso duro, donde pueda recolectarse la excreta de los mismos, para la cual podrán utilizarse tratamientos anaerobios o aerobios de residuales para minimizar los efectos de los gases producidos durante su descomposición. Se prevé la incorporación programada de nutrientes procedentes de estiércoles procesados a las áreas de pastoreo, de forma líquida o sólida de forma superficial.				
Alcance y cobertura					
- Sector	AFOLU				
- Categoría	3. A. Ganado				
- Subcategoría	3.A.2. Gestión del estiércol				
- Fuente	Ganado				
- Gas	CH4, N2O				
- Alcance	Municipal				
Resultados Esperados	Disminuidos los aportes de GEI a la atmósfera debido la eficiente gestión de los estiércoles. Reducción de la exposición a olores, reducción de infecciones y enfermedades, y reducción de las vías de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.				
Potencial de extensión de la acción de mitigación	Territorial, áreas ganaderas				
Acciones requeridas para su Implementación	Sensibilización a los tenentes de animales a través del acompañamiento de entidades gestoras de conocimiento científicos en la temática para la selección e implementación de las propuestas en cada unidad productiva, que permita el uso y reuso de las excretas, mediante la creación de condiciones tecnológicas en las unidades empresariales y de producción apoyadas por el gobierno y su posterior implementación.				
Co- beneficios	Contribución la purificación del aire, disminución de la contaminación ambiental, saneamiento de localidades donde se almacena el estiércol				

Fuente: Elaboración propia

La medida contribuye a la recolección del estiércol procedente de los animales estabulados, constituyendo ésta, materia prima para la producción de metano a través de la descomposición anaerobia en biodigestores. Proporcionando oportunidades de utilización de la energía producida mediante la combustión del mismo, en el alumbrado de las vaquerías, alimentación energética a las máquinas forrajeras, calentamiento de agua para el lavado de los sistemas de ordeño, con el consiguiente saneamiento que contrae el uso del estiércol generado.

A pesar de que en la estimación de las emisiones de GEI en el sector agropecuario de la provincia no se estimó la Categoría 3.B Tierras por no contar con los datos de actividades, se propone una medida vinculada con esta categoría, teniendo en cuenta que las tierras forestales actúan como sumidero de CO₂ (Tabla 5). Los bosques constituyen sumideros de CO₂, se pretende el incremento del índice de boscosidad en el municipio a partir de la reforestación de áreas deforestadas y la plantación de nuevas con vocación forestal.

Tabla 5. Ficha técnica para la medida No. 3 relacionada con tierras forestales que permanecen como tales.

Medida 3: Incrementar la cobertura forestal en la provincia que actúa como sumidero de CO2, potenciando los territorios con menor índice boscoso.					
Acciones	Objetivo	Entidad ejecutora	Estado	Período de implementación	
				año base:	año meta:
Incremento de nuevas Plantaciones forestales	Incrementar la cobertura forestal en el territorio que actúa como sumidero de CO2.	MINAG	En diseño	2025	2030
Incrementar el manejo y la regeneración natural.					
Gestión sostenible del arbolado urbano.		ANAP			
Descripción de la medida	Plantar las áreas deforestadas y apertura de nuevas áreas con vocación forestal en el territorio, principalmente con Acacia Sp y Eucalipto.				
Alcance y cobertura					
- Sector	AFOLU				
- Categoría	3 B. Tierras				
- Subcategoría	3.B.1. Tierras Forestales que permanecen como tales:				
- Fuente	Cobertura Forestal				
- Gas	CO2				
- Alcance	Municipal				
Resultados Esperados	Aumentar en 1,5 % el índice de boscosidad del patrimonio forestal que actúa como sumidero de CO2.				
Potencial de extensión de la acción de mitigación	Territorial				
Acciones requeridas para su Implementación	Definición de las áreas con vocación forestal, acompañamiento de la Escuela Ramal del Minag, Universidad y Centros de Investigaciones que colaboran en el territorio.				
Co- beneficios	Balance del ecosistema, como protección y habitat para aves y otras especies, barreras forestales contra eventos meteorológicos peligrosos, purificación del aire.				

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El inventario de emisiones de GEI en el Sector Agricultura en el municipio de Cumanayagua, primero de su tipo en el municipio, permitió estimar las emisiones de GEI en el Sector agricultura, las que mostraron una tendencia a la disminución como consecuencia de la reducción de la masa ganadera y de la cantidad de fertilizantes nitrogenados (urea y nitrato de amonio) aplicados a los cultivos. La subcategoría fermentación entérica del ganado constituyó la actividad que más aportó a la misma.

Se realizó una propuesta de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático en el sector agricultura en el municipio, el cual constituye una herramienta valiosa para tomar decisiones a nivel local acorde a las metas nacionales como apoyo al desarrollo.

Conflicto de interés: declaramos, no tener ningún conflicto de interés

Contribución de autoría:

- Conceptualización: Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Osmany Chibás Guevara, Eneida Rubio Rodríguez
- Curación de datos: Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Osmany Chibás Guevara, Eneida Rubio Rodríguez
- Investigación: Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz, Endris Yoel Viera González,

- Metodología: Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz, Endris Yoel Viera González
- Administración del proyecto: Endris Yoel Viera González
- Supervisión: Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz, Endris Yoel Viera González
- Visualización: Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Osmany Chibás Guevara, Carlos E. Villavicencio Pérez
- Redacción del borrador original: Dianelly Gómez Díaz, Osmany Chibás Guevara, Carlos E. Villavicencio Pérez
- Redacción y edición: Dianelly Gómez Díaz, Osmany Chibás Guevara, Endris Yoel Viera González

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alemán, M., y Rodríguez, J. L. (2010). Inventarios de Emisión y Absorción de Gases de Efecto Invernadero en los Módulos de Agricultura y cambio y uso de la Tierra en la provincia de Matanzas. CECYEN. Centro de Estudios de Combustión y Energía. Facultad Ingenierías Química y Mecánica. Universidad de Matanzas. Cuba. <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193915935004.pdf>

- Arias, D. Y. y Martínez, F.J. (2019). Inventario de gases de efecto invernadero. Municipio de Chihuahua. <https://www.municipiochihuahua.gob.mx/transparenciaarchivos/4to%20Trimestre%202019/Desarrollo%20Urbano/CIMTRA/Inventario%20de%20emisiones%20de%20gases.pdf>
- Ayala, E., Mitchell, F. Coronel, D. J. Pulido, E. y Mastrángelo, L. (2017). Contribución municipal para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La experiencia de la Municipalidad de Godoy Cruz, Mendoza. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentinien/14075.pdf>
- CITMA. (2020). Primer Informe Bienal de Actuación a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. AMA. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/First%20Biennial%20Update%20Report.%20Cuba.pdf>
- Gacia, J. C. (2011). Secuestro de Carbono y emisiones de gases de efecto invernadero en tres fincas de la provincia de Villa Clara. [Tesis presentada en opción al Título Académico de 58 Master en Agricultura Sostenible]. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Gutiérrez, C., Anaya, V. J., & Alcántara, T. (2020). Inventarios de Gases de Efecto Invernadero a escala Territorial. Informe de experiencias y aprendizajes obtenidos en gobierno local en Chile (p. 72). <https://pactodealcaldes-la.org/wp-content/uploads/2017/10/INFORME-FINAL-IGEI-2020.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]. Universidad Autónoma de Chiapas. Facultad de Ciencias Agronómicas. Chiapas.
- INSMET. (2021). Reporte de inventario de Gases de Efecto Invernadero de Cuba. Serie 1990-2018. (p. 69). Instituto de Meteorología. <http://ccc.insmet.cu/cambioclimaticoencuba/sites/default/files/resultados/REPORTE%20FINAL%20DE%20INGEI%201990-2018.pdf>
- IPCC. (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds).
- IPCC. (2014). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf
- IPCC. (2018). Resumen para responsables de políticas. En: Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- ONEI. (2021). Anuario Estadístico de Cienfuegos 2020. https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/anuario_2020_ver2021_IYMhjjw.pdf
- Manso, R., y Carrillo, E. (2018). Evaluación de emisiones de gases producto de incendios forestales en Cuba en el periodo 1989-2014. Revista Cubana de Meteorología, 24(2), 189-194.
- Sosa, C., y Bolufé, J. (2019). Inventario nacional de gases de efecto invernadero. Serie Entendiendo el Cambio Climático. AMA.
- 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]. Universidad de La Habana. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas.