

# Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector agrícola en la provincia de Cienfuegos en el periodo 2010 - 2020



<https://cu-id.com/2377/v30n2e08>

## Estimation of greenhouse gas emissions in the agricultural sector in the province of Cienfuegos in the period 2010 - 2020

<sup>1</sup>Dianelly Gómez Díaz<sup>1\*</sup>, <sup>2</sup>Endris Yoel Viera González<sup>1</sup>, <sup>3</sup>Sinaí Barcia Sardiñas<sup>2</sup>, <sup>4</sup>Lennis Beatriz Fuentes Roque<sup>1</sup>,  
<sup>5</sup>Miguel Angel Porres García<sup>1</sup>, <sup>6</sup>Leonardo Mejías Seibanes<sup>1</sup>, Raquel Alejandra Angulo Romero<sup>1</sup>,  
<sup>7</sup>Osmany Chibás Guevara<sup>2</sup>, <sup>8</sup>Eneida Rubio Rodríguez<sup>3</sup>, <sup>9</sup>Carlos E. Villavicencio Pérez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos, Cuba.

<sup>2</sup>Escuela Ramal de la Agricultura de Cienfuegos, Cuba.

<sup>3</sup>Delegación Provincial de la Agricultura de Cienfuegos, Cuba.

<sup>4</sup>Empresa Glucosa, Cuba.

**RESUMEN:** En Cuba la agricultura es responsable del 20% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, siendo el segundo sector más emisor. Esta investigación tiene como objetivo estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agricultura en la provincia de Cienfuegos en el período 2010-2020. Se utilizaron como metodologías las Directrices del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático del 2006. En 2020, las emisiones de GEI del sector Agricultura en la provincia de Cienfuegos, fueron de 309.4 Gg CO<sub>2</sub>eq (representa un 28.9% menor que el año 2010). Del total de estas emisiones, el 60.3% correspondió al metano (CH<sub>4</sub>), el 39.5% al óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y el restante 0.1% al dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las emisiones de CH<sub>4</sub> ascienden a 186.9 Gg CO<sub>2</sub>eq y provienen principalmente de la fermentación entérica del ganado, actividad que aporta 169.0 Gg CO<sub>2</sub>eq, (90.5% de las mismas). Las emisiones de N<sub>2</sub>O del sector ascienden a 116.9 Gg CO<sub>2</sub>eq y provienen principalmente de las actividades vinculadas a los suelos agrícolas, siendo las excretas directas del ganado en pasturas la subcategoría que más aporta N<sub>2</sub>O en la provincia con 81.3 Gg CO<sub>2</sub>eq y representa el 69.6% de ellas. Por último, las emisiones de CO<sub>2</sub> provienen en su totalidad de la aplicación de urea. El inventario de emisiones del Sector Agricultura en la provincia de Cienfuegos constituye una herramienta valiosa para tomar decisiones a nivel local, priorizar acciones y medidas de mitigación acorde a las metas nacionales, apoyar el desarrollo, así como implementar y monitorear el impacto de dichas acciones.

**Palabras claves:** emisiones de Gases de Efecto Invernadero, agricultura, ganadería, Cienfuegos.

**ABSTRACT:** In Cuba, agriculture is responsible for 20% of Greenhouse Gas emissions, making it the second largest emitting sector. This research aims to estimate the Greenhouse Gas emissions in the Agriculture sector in the province of Cienfuegos in the period 2010-2020. The methodologies used were the Guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change of 2006. In 2020, the GHG emissions from the Agriculture sector in the province of Cienfuegos were 309.4 Gg CO<sub>2</sub>eq (representing a 28.9% decrease compared to 2010). Of these emissions, 60.3% corresponded to methane (CH<sub>4</sub>), 39.5% to nitrous oxide (N<sub>2</sub>O), and the remaining 0.1% to carbon dioxide (CO<sub>2</sub>). CH<sub>4</sub> emissions amounted to 186.9 Gg CO<sub>2</sub>eq and mainly came from enteric fermentation of livestock, which contributed 169.0 Gg CO<sub>2</sub>eq (90.5% of the total). N<sub>2</sub>O emissions from the sector amounted to 116.9 Gg CO<sub>2</sub>eq and mainly came from activities related to agricultural soils, with direct livestock excreta in pastures being the subcategory that contributed the most N<sub>2</sub>O in the province with 81.3 Gg CO<sub>2</sub>eq, representing 69.6% of the total. Finally, CO<sub>2</sub> emissions solely came from the application of urea. The emissions inventory of the Agriculture sector in the province of Cienfuegos is a valuable tool for making local-level decisions, prioritizing mitigation actions and measures in line with national goals, supporting development, as well as implementing and monitoring the impact of such actions.

**Key words:** emissions, Greenhouse gas, agriculture, and livestock.

\*Autor para correspondencia: Dianelly Gómez Díaz. E.mail: [dianellygomez2310@gmail.com](mailto:dianellygomez2310@gmail.com)

Recibido: 02/02/2014

Aceptado: 04/03/2024

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

**Contribución de autoría:** **Conceptualización:** Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González. **Curación de datos:** Endris Yoel Viera González, Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas. **Investigación:** Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González, Leonardo Mejías Sebanes, Lennis B. Fuentes Roque, Miguel A. Porres García, Raquel Alejandra Angulo Romero, Osmany Chibás Guevara, Eneida Rubio Rodríguez, Carlos E. Villavicencio Pérez. **Metodología:** Dianelly Gómez Díaz, Sinaí Barcia Sardiñas, Endris Yoel Viera González. **Supervisión:** Sinaí Barcia Sardiñas, Dianelly Gómez Díaz, Endris Yoel Viera González. **Visualización:** Dianelly Gómez Díaz, Endris Yoel Viera González, Sinaí Barcia Sardiñas

## 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 (IPCC, 2018). La agricultura, es un sector que no sólo recibe los impactos del cambio climático, sino también es fuente de emisiones de los Gases de Efecto Invernadero, en lo adelante “GEI”, generando una cantidad considerable de emisiones de estos gases que contribuyen en gran medida al calentamiento global y al cambio climático.

Esta actividad económica libera importantes cantidades de metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), dos potentes GEI. El  $\text{CH}_4$  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  $\text{N}_2\text{O}$  son un producto directo e indirecto de los fertilizantes nitrogenados orgánicos y minerales. 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 ( $\text{CO}_2$ ),  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ .

A nivel mundial, el sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU *Agriculture, Forestry and Other Land Use*, por sus siglas en inglés) fue el responsable del 22 % de las emisiones de GEI en el 2019. En Cuba, es el segundo en importancia de emisiones del país (INSMET, 2021).

Las prácticas agrícolas sostenibles ayudan a los productores a adaptarse, mantener la producción y mejorar las prácticas sin recurrir a técnicas dañinas. A su vez, esto permite a las empresas gestionar y reducir los riesgos relacionados con el clima en sus cadenas de suministro (Inter-American Development Bank -IBD, 2014).

A partir de lo anterior, se identifica como **problema científico**: ¿Cómo contribuir a la reducción de los efectos del cambio climático en el sector agrícola en la provincia de Cienfuegos?

Una de las técnicas que existen para lograr esta tarea es la realización de los Inventarios de Emisiones y Absorciones de GEI en diferentes escalas espaciales (nacional, regional, provincial y local) (Rodríguez y Martínez, 2018). La preparación, actualización periódica, reporte y divulgación de los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero, en lo adelante “INGEI”, es un compromiso común a todas las Partes

de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) (CITMA, 2015).

En el caso de Cuba, el Inventario Nacional de Emisiones y Remociones de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) se actualiza y mejora con reportes cada dos años a través de los Informes Bienales de Actualización (IBA) y los Informes Bienales de Transparencia (BTR). Cuba tiene una amplia experiencia en la elaboración de INGEl, siendo el último informe el correspondiente con la serie 1990-2018 y formó parte de la tercera comunicación nacional al CMNUCC.

Para la elaboración de inventarios, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, en lo adelante “IPCC” ha implementado metodologías para cuantificar las emisiones de GEI generadas o removidas de la atmósfera, siendo las del 2006 las que se utilizan, donde incluyen todas las categorías de fuentes de emisiones a través de diferentes módulos.

A nivel internacional países como Chile, Argentina, Brasil, México, Colombia y España realizan estimaciones de GEI a escala territorial y municipal con resultados muy interesantes. Estos estudios reafirman cuán necesario e importante es realizar el inventario de GEI a ese nivel. Permiten que las instituciones públicas, privadas y la comunidad en sentido general, conozcan la contribución de cada sector impactante en las emisiones totales y comprendan mejor la responsabilidad que tienen en encontrar y llevar a vías de hecho alternativas más consistentes para la reducción de GEI, en el desarrollo, implementación y monitoreo del impacto de políticas y acciones en la reducción de dichas emisiones (Cinquantini et al., 2016; Werneck et al., 2020; Gutiérrez et al., 2020).

Cuba no está exenta en esta temática, logrando investigaciones relevantes acerca de las estimaciones de estos gases, publicándose varios libros, informes, proyectos y artículos científicos que han permitido planificar e implementar acciones y medidas para mitigar y adaptarse al cambio climático en varias zonas del país.

En el sector AFOLU se realizan importantes estudios a escala subnacional. En la provincia de Matanzas, 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. 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  $\text{CO}_2$  que producen las áreas boscosas y plantaciones del territorio, la provincia actúa como sumidero de  $\text{CO}_2$ .

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 presentan el Primer Informe Bial de Actualización a la CMNUCC, y dentro de los sectores que emiten GEI se hicieron las estimaciones del sector AFOLU.

El **objetivo general** del presente trabajo consiste en: Estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector Agricultura en la provincia de Cienfuegos en el período 2010-2020.

Para lograr este objetivo, la metodología empleada para la estimación de las emisiones fue la recomendada en las Guías Revisadas de 2006 del IPCC y para los cálculos se utilizaron el Software Microsoft Excel para el procesamiento de la información y el software “*IPCC Inventory Software*” versión 2.69 del 2019 para el cálculo de la incertidumbre.

La atención del Estado y el Gobierno sobre el enfrentamiento al cambio climático se elevó en abril del año 2017, aprobándose un Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático (Tarea Vida), que involucra a todos los organismos de la administración central del Estado y a la sociedad en general.

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, derivadas de las políticas sectoriales vinculadas a la seguridad alimentaria, la energía renovable, la eficiencia energética, el ordenamiento territorial y urbano, la pesca, la agropecuaria, la salud, el turismo, la construcción, el transporte, la industria y el manejo integral de los bosques.

La presente investigación forma 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

### Caracterización de la zona de estudio

La provincia de Cienfuegos se ubica en el centro sur de Cuba, entre las coordenadas 21°50’ y los 22°30’ de latitud norte y los 80°06’ y los 80° 55’ de longitud oeste. Limita al norte y al oeste con la provincia de Matanzas, al este y al nordeste con la provincia de Villa Clara, al sur con el mar Caribe y al suroeste con la provincia de Sancti Spiritus (Figura 1). Está dividida en ocho municipios (Cienfuegos, Cumanayagua, Palmira, Cruces, Lajas, Abreus, Rodas y Aguada de Pasajeros) y cuenta con una extensión territorial de 4,188.61km<sup>2</sup>, que representa aproximadamente el 4.0% de la superficie total del país (Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2021).

### Actividad agrícola de la provincia

La agricultura es un sector que reviste una gran importancia estratégica en el logro del objetivo de reducir la vulnerabilidad alimentaria y las presiones sobre la balanza comercial, así como incrementar la oferta, en cantidad y calidad, de calorías, proteínas y grasas a la población; e incidir de forma positiva en la salud de las personas (CITMA, 2015).

En la provincia de Cienfuegos, se destacan los municipios de Cumanayagua con la mayor superficie territorial, seguido de Aguada de Pasajeros, Abreus

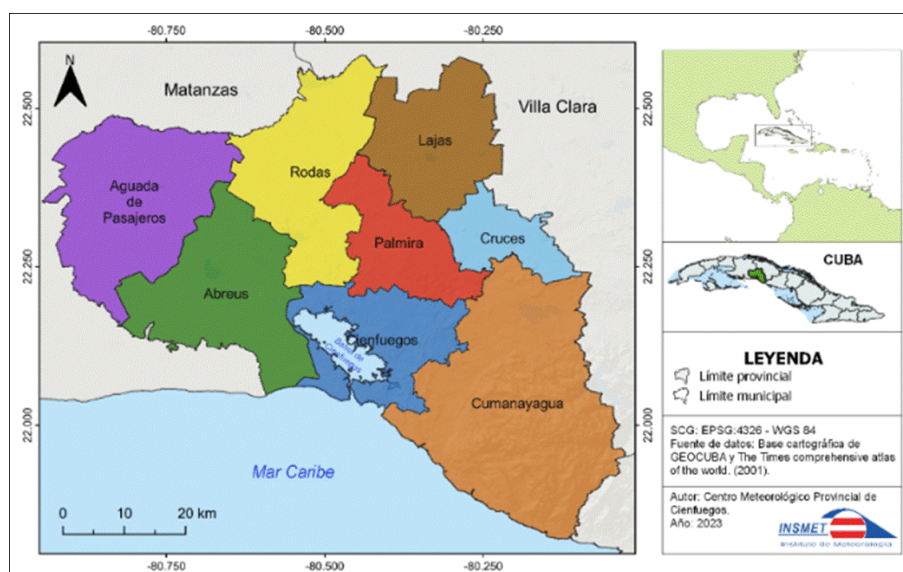


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

y Rodas. Se destacan en el territorio provincial las plantaciones de caña de azúcar, los cultivos varios (papa, arroz, café, tabaco, frijol y maíz), frutales con un 32.1% de tierras para el desarrollo de los mismos y un 37.2% destinadas para el ganado, los cuales en conjunto ocupan en buena medida la mayor parte del área de la provincia (ONEI, 2021).

Tradicionalmente, los principales polos productivos del territorio han sido Horquita y Juraguá dedicados a los cultivos varios. Recientemente se han desarrollado otros polos (Seibabo, Venero, El Dejao, Los Cocos, Maleza, Maribona y Mártires de Barbados), de forma que todos los municipios cuentan con al menos un polo productivo.

La actividad ganadera también está representada en la provincia por varias empresas pecuarias, entre las que se destacan: Pecuaria Rodas, El Tablón y La Sierrita. Entre las especies que posee la provincia en su ganado se encuentran: vacuno, equino, caprino, ovino, porcino, aves de corral y en menor medida búfalos.

Según la Delegación Provincial de la Agricultura, al cierre del 2021 el patrimonio forestal de la provincia Cienfuegos abarcaba un total de 88,264.7 ha. La cobertura boscosa cerró con 73,647.6 ha que representa el 20.8 % del área geográfica de la provincia, sin la superficie acuosa. Los bosques (83.4 % del patrimonio total) lo conforman 66,192.6 ha (74.9 %) de bosques naturales y 7,455.0 ha (8.4 %) de plantaciones establecidas.

Desde el 2010 hubo un incremento sostenido en el número de hectáreas de bosques naturales, teniendo un período en forma de meseta en los años 2017 y 2018, para luego crecer nuevamente. El área de plantaciones muestra un comportamiento más estable en el período analizado, pero muestra una disminución sostenida a partir del 2016, manteniendo valores inferiores a las 15 mil ha.

### Metodología para el cálculo de las emisiones de GEI

La metodología empleada 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-CO<sub>2</sub> (3.C). La categoría Tierras (3.B) no pudo ser estimada por no contar con los datos de actividad. El estudio se realizó a nivel municipal en la serie temporal 2010-2020.

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

### Emisiones provenientes del Subsector Ganadería

En esta categoría se tratan las emisiones de metano y óxido nitroso originadas por la fermentación entérica y la gestión del estiércol del ganado doméstico constituyendo una importante categoría de fuente para los inventarios en la provincia. Las mayores emisiones de CH<sub>4</sub> en las actividades agropecuarias, provienen del ganado doméstico y fundamentalmente de los rumiantes, en especial del ganado vacuno.

Al considerar las emisiones de GEI procedentes de esta categoría de fuente, es necesario diferenciar, tanto por sus características específicas como por el monto de las emisiones, dos subcategorías básicas:

- La fermentación entérica (emisiones de CH<sub>4</sub>),
- La gestión del estiércol (emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O)

#### Fermentación Entérica (3.A.1)

La fermentación entérica en herbívoros es un proceso digestivo por el cual los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas más simples para su absorción en el flujo sanguíneo, generando CH<sub>4</sub> como subproducto. La cantidad de CH<sub>4</sub> liberada depende del tipo de tracto digestivo, edad y peso del animal, y de la calidad y cantidad del alimento consumido. Los rumiantes (vacunos, búfalos, ovinos y caprinos) son fuentes importantes de metano, mientras que los no rumiantes (caballos, mulas y asnos) y monogástricos (porcinos) producen cantidades moderadas de dicho gas.

Para estimar las emisiones de metano correspondiente a este proceso se utilizaron métodos de nivel



1 y 2 y las ecuaciones fueron la 10.19 y 10.20 de las [Directrices del IPCC, 2006](#).

La Delegación Provincial de la Agricultura aportó el dato de existencias totales anuales de animales por especie (ganado vacuno, bufalino, ovino, caprino, equino, mular y asnal) para el periodo 2010 - 2020. Esta información mostró algunas diferencias con la reportada en los anuarios estadísticos municipales, sobre todo en las siguientes especies: vacas en ordeño, vacas, terneros, añojos, toros de ceba, búfalos, ovinos, caprinos y equinos. Los años que presentaron las mayores diferencias entre los anuarios y la información aportada por la Delegación Provincial de la Agricultura fueron el 2014 y 2020. Finalmente fueron empleados los datos de la Delegación Provincial de la Agricultura.

La Empresa Avícola de Cienfuegos aportó la información del total de gallinas ponedoras. Se utilizó esta fuente de información teniendo en cuenta que en los anuarios estadísticos municipales no se reportaban las gallinas ponedoras desde 2010 hasta 2015. En el caso del ganado porcino se utilizaron los datos recogidos en los anuarios estadísticos municipales de la OTEI.

Para las vacas lecheras y el ganado porcino fue necesario aplicar métodos de relleno de datos (extrapolación específicamente) para algunos años en que faltaban datos siguiendo las recomendaciones de las [guías del IPCC \(2006\)](#).

### Gestión del Estiércol (3.A.2)

En esta categoría de fuente, el término “estiércol” se refiere en forma colectiva a los sólidos y los líquidos producidos por el ganado. Además, el término manejo del estiércol es utilizado como un nombre colectivo para todos los tipos de almacenamiento y tratamiento del estiércol. Tanto las emisiones de  $\text{CH}_4$  producidas por la descomposición del estiércol, como las de  $\text{N}_2\text{O}$  generadas directa e indirectamente durante el almacenamiento y tratamiento de este, fueron estimadas de acuerdo con las Secciones 10.4 y 10.5, respectivamente, del Capítulo 10 de la [metodología IPCC 2006](#).

Las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  generadas por actividades de pastoreo (depósito de estiércol en pasturas) se producen directa e indirectamente desde el suelo, y es por lo que están descritas y declaradas en las subcategorías 3.C.4 y 3.C.5 - Emisiones directas e indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  de los suelos gestionados.

Para estimar las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  correspondiente a esta subcategoría se utilizó el método de nivel 1 y las ecuaciones 10.22 para el  $\text{CH}_4$  y 10.25 y 10.30 para el  $\text{N}_2\text{O}$  de las [Directrices del IPCC, 2006](#).

### Emisiones provenientes de la categoría 3C Fuentes agregadas y emisiones no $\text{CO}_2$ de la tierra

En esta categoría se tratan las emisiones de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  originadas por Fuentes Agregadas y fuentes de emisión no  $\text{CO}_2$  de la tierra.

Al considerar las emisiones de GEI procedentes de esta categoría de fuente, es necesario diferenciar, tanto por sus características específicas como por el monto de las emisiones, siete subcategorías básicas:

1. Quemado de biomasa, ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ),
2. Encalado ( $\text{CO}_2$ )
3. Aplicación de urea ( $\text{CO}_2$ ),
4. Emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  de suelos gestionados ( $\text{N}_2\text{O}$ ),
5. Emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  de suelos gestionados ( $\text{N}_2\text{O}$ ),
6. Emisiones indirectas de  $\text{N}_2\text{O}$  resultante de la Gestión del Estiércol ( $\text{N}_2\text{O}$ ),
7. Cultivo de arroz ( $\text{CH}_4$ )

La subcategoría Encalado (3.C.2) no pudo ser estimada por no contar con los datos de actividad.

En esta categoría se utilizó para todas las subcategorías el método de Nivel 1 por no contar con factores de emisión propios del país.

### Emisiones de GEI provenientes del Quemado de Biomasa (3.C.1)

La agricultura en cualesquiera de sus manifestaciones genera una gran cantidad de residuos, siendo una de las formas de su eliminación la quema de estos en el campo, otra variante la constituyen el uso de tales residuos como alimento para el ganado y otros animales; su incorporación al suelo, como nutrientes orgánicos, para favorecer el crecimiento y desarrollo de la siembra, así como su uso para producción de energía.

Esta subcategoría incluye:

- a. Emisiones del quemado de biomasa en Tierras forestales,
- b. Emisiones del quemado de biomasa en Tierras de cultivo,
- c. Emisiones del quemado de biomasa en Pastizales,
- d. Emisiones del quemado de biomasa en otras tierras.

Las emisiones producidas por el fuego incluyen  $\text{CO}_2$  y otros gases que se originan de la combustión incompleta del combustible, entre ellos otros GEI como el  $\text{CH}_4$  y el  $\text{N}_2\text{O}$ , y gases precursores como monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) ([IPCC, 2006](#)).

En Cienfuegos, la quema de residuos en tierras de cultivo, al igual que la quema de sabanas y pasturas, está institucionalmente prohibida como práctica común y solo es admitida en casos excepcionales. Una

de las excepciones autorizadas es la quema de campos de caña de azúcar. En ambos casos no se contó con datos de actividad por lo que no se pudo calcular las emisiones.

Debido a que el alcance de este inventario provincial comprende sólo a gases GEI (no a precursores), se detalla la metodología para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de la quema de biomasa forestal que permanecen como tal (bosque nativo y plantaciones forestales), a partir de las metodologías establecidas en las [Guías del IPCC \(2006\)](#). Se utilizó para la estimación de las emisiones la ecuación 2.27 de las [Directrices del IPCC, 2006](#).

Los datos de actividad sobre los incendios forestales la información estadística aportada por el Cuerpo de Guardabosques de la provincia de Cienfuegos (CGB).

En la [Figura 2](#) se observa a nivel territorial que el municipio de Cruces no reportó ningún incendio en el período analizado, mientras que en Cumanayagua ocurrieron 34. En proporciones, el más afectado fue Abreus con 272.8 ha.

### Emisiones de GEI por la Aplicación de Urea (3.C.3)

La urea (CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) incluye carbono de origen fósil, por lo que su uso conlleva emisiones de CO<sub>2</sub>, que es necesario contabilizar en el inventario de GEI; las emisiones de N<sub>2</sub>O por el nitrógeno contenido, fueron estimadas en las subcategorías 3.C.4 y 3.C.5.

El agregado de urea a los suelos durante la fertilización conduce a una pérdida por hidrólisis del CO<sub>2</sub> que se fija en el proceso de producción industrial. La urea se convierte en amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), ión hidroxilo (OH<sup>-</sup>), y bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en presencia de agua y de enzimas de ureasa.

La ecuación utilizada para la estimación de las emisiones fue la 11.13 de las [Directrices del IPCC, 2006](#).

### Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados (3.C.4)

En esta sección se estiman las emisiones directas de N<sub>2</sub>O provenientes de suelos gestionados. Se consi-

dera tierras gestionadas a aquellas tierras en la que ha habido intervención humana y donde se han aplicado prácticas para la realización de actividades de producción, ecológicas o sociales ([IPCC, 2006](#)).

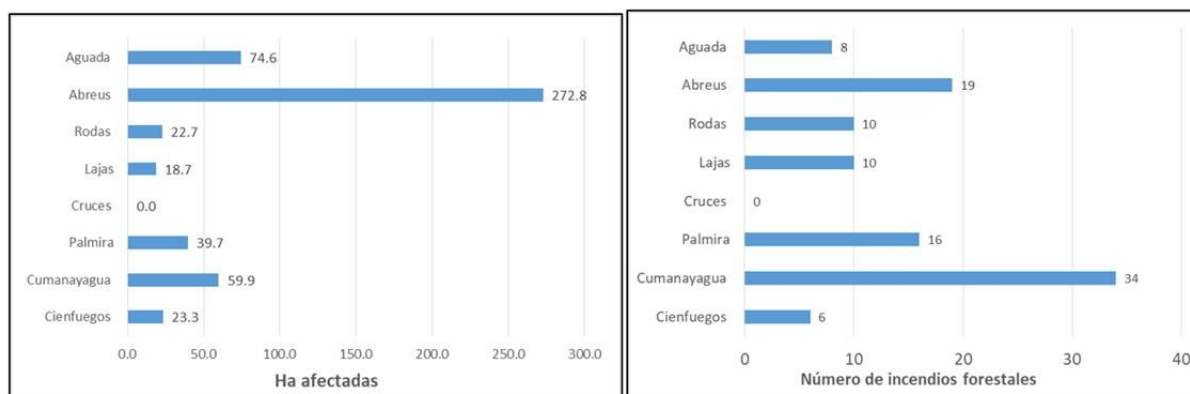
El N<sub>2</sub>O es un subproducto que se obtiene directa e indirectamente a partir de procesos naturales de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno (N) en los suelos. Uno de los principales factores de control de estos procesos es la disponibilidad de N inorgánico en los suelos, y es por lo que la estimación de estas emisiones mediante la metodología [IPCC 2006](#) está basada en los agregados netos de N a los suelos.

Las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados se estimaron por separado de las emisiones indirectas, aunque utilizando un conjunto común de datos de actividad como se sugiere en las directrices del [IPCC \(2006\)](#). Para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de las tierras gestionadas se utilizaron las ecuaciones 11.1, 11.3, 11.4, 11.5 y 11.6 de las [Directrices del IPCC, 2006](#).

En esta categoría se estimaron solamente las emisiones directas de N<sub>2</sub>O producidas por la aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados (F<sub>SN</sub>) al suelo; los aportes de Nitrógeno aplicado como fertilizantes y abonos orgánicos (F<sub>ON</sub>); los aportes de nitrógeno por residuos agrícolas (F<sub>CR</sub>); y los aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo (F<sub>PRP</sub>). No siendo estimadas las fuentes de N por la mineralización de N relacionada con la pérdida de materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso de la tierra o en la gestión de suelos minerales (F<sub>SOM</sub>); y el drenaje/la gestión de suelos orgánicos (F<sub>OS</sub>) por no contar con los datos de actividad.

### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados (3.C.5)

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O se producen como resultado de la volatilización de N como NH<sub>3</sub> y óxidos de N (NO<sub>x</sub>), y la lixiviación y la escorrentía de las adiciones de N agrícolas a suelos gestionados. Para



Fuente: Cuerpo de Guardabosques Cienfuegos.

**Figura 2.** Cantidad de incendios por municipios (izquierda) y hectáreas afectadas por municipios (derecha).

estimar las emisiones indirectas de  $N_2O$  de suelos gestionados se utilizaron las ecuaciones 11.9 y 11.10.

### **Emisiones indirectas de $N_2O$ resultantes de la Gestión del Estiércol (3.C.6)**

Las emisiones indirectas son el resultado de pérdidas de nitrógeno volátil que se producen fundamentalmente en forma de amoníaco y  $NO_x$ . La fracción de nitrógeno orgánico excretado que se mineraliza a nitrógeno amoniacal durante la recolección y el almacenamiento del estiércol dependen fundamentalmente del tiempo y, en menor grado, de la temperatura. Las formas simples de nitrógeno orgánico, como la urea (en mamíferos) y el ácido úrico (en las aves) se mineralizan rápidamente para formar nitrógeno amoniacal; éste es muy volátil y se esparce fácilmente en el aire circundante (Asman et al., 1998; Monteny y Erisman, 1998) citado por IPCC (2006).

Las pérdidas de nitrógeno comienzan en el punto de excreción de las casas y otras áreas de producción animal (p. ej., tambos) y continúan durante la gestión in situ y los sistemas de almacenamiento y tratamiento (es decir, los sistemas de gestión del estiércol). También se pierde nitrógeno durante el escurrimiento y la lixiviación a los suelos del almacenamiento de sólidos de estiércol a la intemperie, en corrales de engorde y donde pastan los animales en las pasturas.

Las pérdidas en pasturas se analizan por separado en el Capítulo 11, Sección 11.2, Emisiones de  $N_2O$  de suelos gestionados, así como, las emisiones de compuestos de nitrógeno del ganado en pastoreo.

Las ecuaciones utilizadas para estimar las emisiones de  $N_2O$  por volatilización fueron 11.26 y 11.27 y por lixiviación se utilizaron las ecuaciones 10.28 y 10.29 de las Directrices del IPCC de 2006.

### **Cultivo del arroz (3.C.7)**

Durante el tiempo que dura el cultivo de arroz, se produce gas metano como consecuencia de la descomposición anaerobia por microorganismos del suelo y de la materia orgánica que queda bajo las aguas de anegamiento. El  $CH_4$ , se produce mediante la reducción de  $CO_2$  con hidrógeno, reacción que depende de la cantidad de agentes donadores de hidrógeno y del tipo de suelo.

Una vez formado, el metano sale en burbujas a la superficie del espejo de agua. La cantidad anual de  $CH_4$  emitido desde una superficie dada de arroz estará en función de la cantidad y la duración de los cultivos de que se trate, de los regímenes hídricos previos al período de cultivo, y en el transcurso de éste, de los abonos orgánicos e inorgánicos del suelo (Neue y Sass, 1994; Minami, 1995) citado por IPCC, 2006, así como, del tipo de suelo, la temperatura y el cultivar del arroz.

Para estimar las emisiones de metano se utilizaron las ecuaciones 5.1 y 5.2 de las Directrices del IPCC, 2006.

Los resultados se expresan en Gg de  $CO_2$  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 ( $CO_2$ ,  $N_2O$  y  $CH_4$ ).

### **Metodología para la evaluación de la incertidumbre**

Los estimados de incertidumbre son un elemento esencial de un inventario de emisiones, especialmente para comparar las emisiones determinadas. La incertidumbre fue calculada por el método de propagación de errores que se utiliza para estimar la incertidumbre en las categorías individuales, en todo el inventario, y en las tendencias entre un año de interés y el año de base tal y como se recomiendan en las Guías del IPCC (2006). Para su cálculo se empleó el "IPCC Inventory Software" versión 2.69 del 2019.

### **Materiales**

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
- Empresa Avícola Cienfuegos
- Cuerpo de Guardabosques de Cienfuegos (CGB).

La recolección de los DA cumplieron 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.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Agricultura. Categoría Ganadería**

Las emisiones de  $CH_4$  en la provincia de Cienfuegos en el período 2010-2020 procedentes de la fermentación entérica en el ganado doméstico fueron de 8.1 Gg  $CH_4$  que equivalen a 169.0 Gg  $CO_2$ eq, representando el 57.3% de las emisiones del sector, disminuyendo en un 2.6 % con respecto al 2010. En el período analizado las emisiones de  $CH_4$  alcanzaron

un máximo en el año 2014 con 184.7 Gg CO<sub>2</sub> eq, disminuyendo hacia el 2020. Este comportamiento estuvo relacionado a que la población ganadera experimentó una disminución hacia los últimos años de la serie (Figura 3).

Al analizar las emisiones por componente animal, la mayor parte de las emisiones de CH<sub>4</sub> 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 CH<sub>4</sub> por fermentación entérica, tal y como plantean Gacia (2011), Hernández (2020) y Vega (2022).

La contribución por municipio al total de las emisiones de la subcategoría en la provincia, arrojó que los municipios de Cumanayagua, Rodas, Aguada de Pasajeros y Abreus son los que más aportaron al total en el 2020 con 19.6 %, 18.8 %, 16.2 % y 12.56 %, respectivamente. Estos cuatro municipios emitieron por fermentación entérica 113.5 Gg CO<sub>2</sub>eq lo que representó el 67.1% del total de emisiones de esa subcategoría. Esta situación se debe a que concentran la mayor cantidad de ganado bovino de la provincia.

### Gestión del estiércol del ganado

Las emisiones provenientes de la gestión del estiércol en el período estudiado tuvieron un comportamiento similar a la subcategoría anterior con una disminución pronunciada hacia los 3 últimos años de la serie (Figura 4). En el 2020 las emisiones fueron de 23.4 Gg de CO<sub>2</sub> eq lo que representa un 7.8 % del total de emisiones.

El mayor por ciento de las emisiones correspondió al CH<sub>4</sub>, representando más del 60.0 % en todo el período. En el año 2020, en la provincia se emitieron 0.7 Gg de CH<sub>4</sub> que representan 14.9 Gg de CO<sub>2</sub> eq. Los principales factores que inciden en las emisiones de CH<sub>4</sub> son: la cantidad de estiércol que produce el ganado vacuno, la población de los animales, así como, el método que se aplica para manejar el estiércol.

En cambio, las emisiones de N<sub>2</sub>O representaron el menor aporte en esta subcategoría. En el 2020 se emitieron 0.03 Gg de N<sub>2</sub>O que representan 8.51 Gg de CO<sub>2</sub> eq. En este caso el N<sub>2</sub>O se produce durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol antes de que éste sea aplicado a la tierra. Estas emisiones proceden del nitrógeno contenido en el estiércol excretado por los animales. Debido a esto las emisiones van a depender del Nitrógeno Excretado (Nex) del estiércol y el tipo de manejo.

Los sistemas de manejo del estiércol considerados en este reporte del inventario de la provincia de Cienfuegos son las lagunas anaeróbicas, el sistema líquido, el almacenamiento sólido, biodigestores y la deposición directa en praderas y pastizales. La deposición directa sobre los suelos de pastoreo es el sistema de manejo que más contribuye a estas emisiones de N<sub>2</sub>O

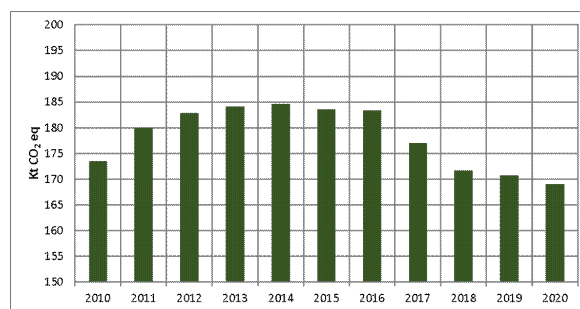


Figura 3. Emisiones de CH<sub>4</sub> (Gg CO<sub>2</sub> eq) procedentes de la Fermentación Entérica (3.A.1) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

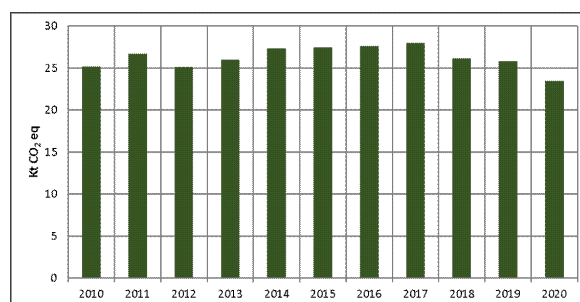


Figura 4. Emisiones de CO<sub>2</sub> eq (Gg CO<sub>2</sub> eq) procedentes de la Gestión del Estiércol (3.A.2) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

en la provincia, aunque como se mencionó anteriormente, no se reportan en esta categoría sino en la correspondiente a suelos agrícolas gestionados.

Los mayores aportes de N<sub>2</sub>O se produjeron por el almacenamiento sólido de estiércol con más del 75 % de las emisiones de este gas en todo el período. Con relación a los componentes, las mayores emisiones las aportó el ganado bovino con el 45.2%, seguido del ganado porcino con 41.7% y el equino con un 8.7%. Las mulas, asnos, ovejas, cabras, aves y búfalos constituyeron las especies menos emisoras con menos del 5.0 %.

Se calculó la contribución de cada municipio al total de las emisiones de la subcategoría en la provincia, siendo los municipios de Cienfuegos, Cumanayagua y Rodas los que más aportaron al total de emisiones de la provincia con 41.2%, 12.1% y 11.3%, respectivamente. Entre estos cuatro municipios emitieron por gestión de estiércol 15.1 Gg CO<sub>2</sub>eq lo que representó el 64.6 % del total de emisiones de esa subcategoría. El municipio de Cienfuegos se incorporó producto del elevado número de ganado porcino que posee, lo que provocó que su aporte fuese mayor.

### Categoría 3C Fuentes Agregadas y emisiones no CO<sub>2</sub> de la tierra

#### Emisiones por quema de biomasa

En el año 2020, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la quema de biomasa en tierras forestales fueron de 0.038 Gg CH<sub>4</sub> y 0.001 Gg N<sub>2</sub>O que equiva-



len a 1.14 Gg CO<sub>2</sub>eq, representando el 0.4% de las emisiones totales del sector.

La **Figura 5** muestra que las emisiones de gases no - CO<sub>2</sub> en la provincia provenientes de la quema de biomasa forestal presentaron una gran variabilidad, con máximos en los años 2017 y 2020 obedeciendo al gran número de incendios y a la cantidad de hectáreas afectadas en la provincia en estos años.

La desagregación de las emisiones por la quema de biomasa en tierras forestales (naturales y plantaciones); indican que los incendios en plantaciones forestales constituyeron la principal fuente de estas emisiones. En el 2020 las emisiones en bosques de plantaciones representaron el 96.5% del total de ese año. En los años 2013, 2014, 2016, 2018 y 2019 el 100% de las emisiones correspondieron a los incendios en bosques plantados.

Las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones de gases no - CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) originadas por quema de biomasa forestal se encontraron en Abreus (61.1%), Aguada de Pasajeros (21.2%) y Cumanayagua (8.1%), coincidiendo con la mayor cantidad de hectáreas afectadas por dichos incendios (80%). Entre estos tres municipios se emitieron 1.03 Gg CO<sub>2</sub>eq lo que representó el 90.4% del total de emisiones en dicha subcategoría.

### Aplicación de Urea

En el año 2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la aplicación de urea fueron de 0.30 Gg CO<sub>2</sub>, que representa el 0.01 % de las emisiones del sector (**Figura 6**).

Las emisiones de CO<sub>2</sub> en la provincia producto de la aplicación de la urea mantuvieron una tendencia a la disminución en toda la serie temporal. Los primeros años de la serie correspondieron con las mayores emisiones, con más de 20 Gg de CO<sub>2</sub> en el caso del 2010, mientras que en 2020 se emitieron solo 0.30 Gg CO<sub>2</sub>, que equivale a un 98.5% menos de emisiones que el 2010.

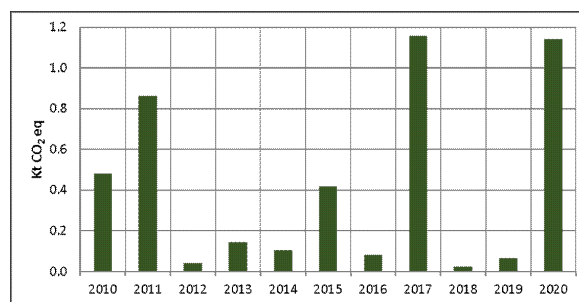
Las reducciones con respecto al año base tuvieron su origen en la disminución del uso de urea. La causa fundamental de esta reducción se encuentra en la disminución de la importación de fertilizantes nitrogenados por el incremento de los precios en el mercado internacional.

Las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones de gases CO<sub>2</sub> originadas por la aplicación de fertilización con urea en 2020 correspondieron a los municipios de Aguada de Pasajeros (78.4%) y Abreus (21.6%). Estos dos municipios agruparon el 94.4% de las hectáreas sembradas de arroz en la provincia y en ellos se concentró el 100% de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la aplicación de urea en 2020.

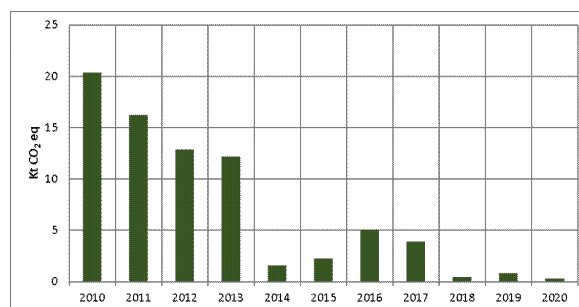
### Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados

En esta subcategoría se estimaron las emisiones directas de N<sub>2</sub>O producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos (urea y nitrato de amonio), del nitrógeno aplicado como fertilizantes y abonos orgánicos, del nitrógeno en los residuos agrícolas y de los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo. Como se aprecia en la **Figura 7** en la provincia se experimentó un decrecimiento de las emisiones de N<sub>2</sub>O por esta categoría en la serie, dado por la disminución del uso de fertilizantes sintéticos y la masa ganadera fundamentalmente.

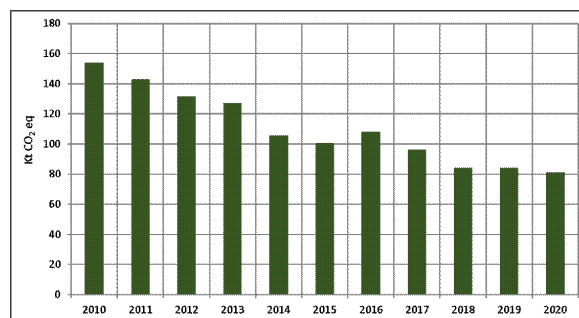
En el año 2020, las emisiones directas de N<sub>2</sub>O generadas por suelos gestionados fueron de 0.26 Gg N<sub>2</sub>O que equivalen a 81.3 Gg CO<sub>2</sub>eq, que representa el 26.3 % de las emisiones del sector.



**Figura 5.** Tendencia de las emisiones anuales de gases no- CO<sub>2</sub> (Gg CO<sub>2</sub>eq) por incendios en tierras forestales (3.C.1a) Provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.



**Figura 6.** Emisiones de CO<sub>2</sub> (Gg CO<sub>2</sub>eq) de la subcategoría Aplicación de Urea (3.C.3) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2012-2020.



**Figura 7.** Emisiones de CO<sub>2</sub> eq (Gg CO<sub>2</sub>eq) procedentes de Emisiones directas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados (3.C.4) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

Al analizar las emisiones por componente animal de la deposición directa en los suelos de orina y estiércol, se verificó que el ganado vacuno justificó la mayor parte de las emisiones de la subcategoría a lo largo de la serie temporal con más del 70%, seguido del ganado equino y ovino. En cambio, los que menos aportaron fueron las mulas y asnos.

Las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones de gases CO<sub>2</sub>eq originadas en esta categoría correspondieron a los municipios de Cumanayagua (19.6%), Rodas (18.5%), Aguada de Pasajeros (16.9%), y Abreus (12.7%). En el 2020 en estos cuatro municipios se concentró el 67.8 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq.

### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados

En esta subcategoría, al igual que en la anterior, solamente se estimaron las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos, del nitrógeno aplicado como fertilizantes y abonos orgánicos, del nitrógeno en los residuos agrícolas y de los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo, producidos por volatilización y lixiviación.

Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados mostraron un comportamiento similar a la subcategoría analizada anteriormente con una pendiente negativa en toda la serie.

En el año 2020, las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O generadas por suelos gestionados fueron de 0.070 Gg N<sub>2</sub>O que equivalen a 21.7 Gg CO<sub>2</sub>eq y representan el 6.44% de las emisiones del sector (Figura 8).

Las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones de gases CO<sub>2</sub>eq originadas en esta subcategoría correspondieron a los municipios de Cumanayagua (19.5%), Rodas (17.8%), Aguada de Pasajeros (16.6%) y Abreus (12.9%). En el 2020 en estos cuatro municipios se concentró el 66.8 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq.

### Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión del estiércol

En el año 2020, las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O generadas por el manejo de estiércol fueron de 0.033 Gg N<sub>2</sub>O que equivalen a 10.37 Gg CO<sub>2</sub>eq, que representa el 3.4% de las emisiones del sector. Respecto a la evolución de las emisiones indirectas producto de la gestión del estiércol, la 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 12.42 Gg CO<sub>2</sub>eq. El período del 2017 al 2020 se caracterizó por la reducción de las emisiones,

evidenciándose un decrecimiento de 8.5% de las emisiones con respecto al 2010 (Figura 9).

En 2020, las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O procedentes de la gestión del estiércol correspondieron a los municipios de Cienfuegos (43.5%), Cumanayagua (11.3%), Rodas (11.2%), Aguada de Pasajeros (8.7%) y Abreus (8.0%). En estos cinco municipios se emitieron 8.58 Gg CO<sub>2</sub>eq, para un 82.8% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq. En este caso se incorpora el municipio de Cienfuegos por la gran masa porcina que presenta (88 % del total provincial).

### Emisiones de CH<sub>4</sub> proveniente del cultivo de arroz

En el año 2020, las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por cultivos de arroz fueron de 0.098 Gg CH<sub>4</sub> que equivalen a 2.1 Gg CO<sub>2</sub>eq, lo que representa el 0.7% de las emisiones del sector.

La Figura 10 muestra las emisiones de CH<sub>4</sub> son directamente proporcionales a la superficie cultivada de arroz en la provincia y que mantuvieron una tendencia a la disminución. En el año 2010 se emitieron 0.26 Gg de CH<sub>4</sub>, lo que equivale a 5.5 Gg CO<sub>2</sub>eq, mientras que en el 2020 la reducción representó un 62.8% con respecto a 2010.

El año 2016 mostró los mayores valores en las emisiones de CH<sub>4</sub> con 8.1 Gg CO<sub>2</sub>eq. Las reducciones con respecto al año base tuvieron su origen en la disminu-

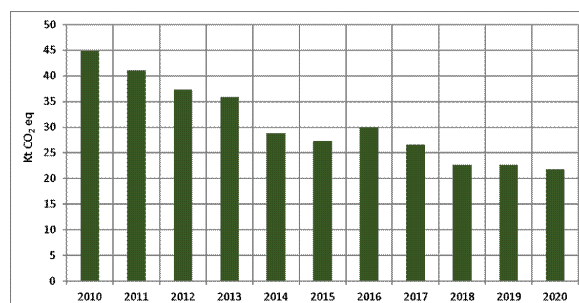


Figura 8. Emisiones de CO<sub>2</sub> eq (Gg CO<sub>2</sub>eq) procedentes de Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de los suelos gestionados (3.C.5) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

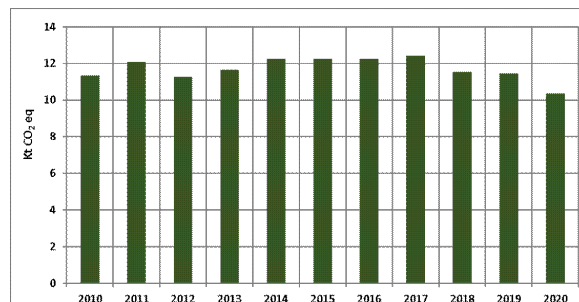
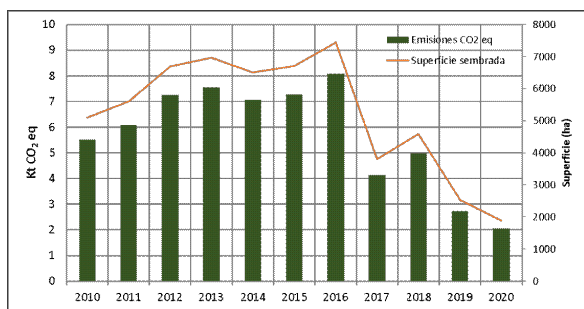


Figura 9. Emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O (Gg CO<sub>2</sub> eq) producto de la Gestión del estiércol (3.C.6) en la provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.



**Figura 10.** Emisiones de metano (Gg CO<sub>2</sub> eq) producto del cultivo de arroz (3.C.7) y superficie cultivada de arroz en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

ción de 3,195.00 hectáreas sembradas en la provincia. La principal causa de esta reducción se encuentra en la disminución de los insumos para la producción: fertilizantes, combustibles, insecticidas y herbicidas.

En 2020, las mayores contribuciones de los municipios al total de las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas procedentes del cultivo del arroz correspondieron a los municipios de Aguada de Pasajeros (61.1%) y Abreus (33.3%). En estos dos municipios se emitieron 1.94 Gg CO<sub>2</sub>eq, para un 94.6% de las emisiones de CO<sub>2</sub>eq

### Resumen de las emisiones GEI de la provincia de Cienfuegos en el sector Agricultura

Las emisiones de GEI de la provincia de Cienfuegos en el sector Agricultura mostraron una tendencia a la disminución el período estudiado. Hasta el

2016 se mantuvieron por encima de los 350 Gg CO<sub>2</sub> eq, para luego disminuir por debajo de este umbral. El año 2020 compiló 309.4 Gg CO<sub>2</sub> eq lo que representó una disminución de un 28.9 % con respecto al 2010 (Tabla 1).

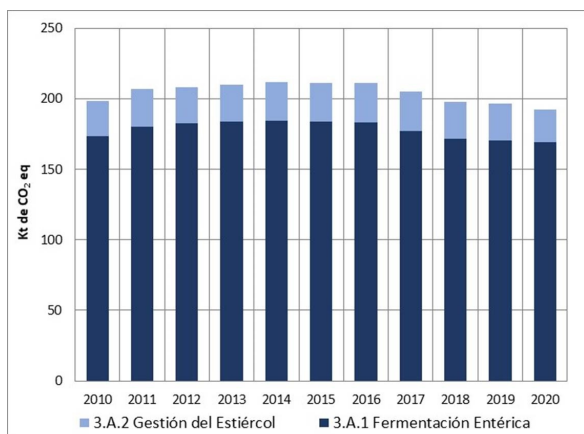
Este comportamiento de las emisiones se debió tanto a la disminución de la masa ganadera, como a la disminución en la aplicación de fertilizantes nitrogenados (urea y nitrato de amonio) y de las hectáreas sembradas de arroz en la provincia desde inicios del período analizado.

La categoría “3.A. Ganadería” fue la que mostró las mayores emisiones de GEI en el 2020, con 192.5 Gg CO<sub>2</sub>eq (62.2%) (Figura 11). Dentro de esta, la fermentación entérica representó el 87.8%. El principal origen de estas emisiones se focalizó en el ganado vacuno no lechero (80.7%) y en el ganado equino (9.9%). El restante 12.2 % de las emisiones de la categoría fueron por la gestión del estiércol.

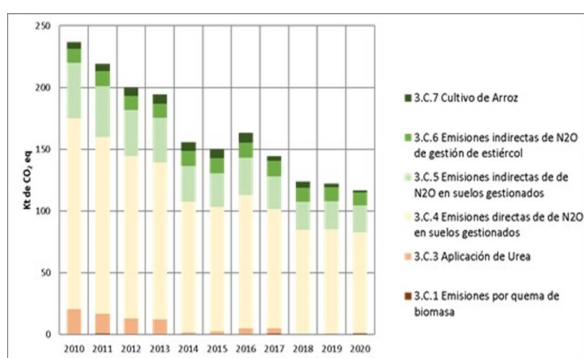
La categoría “3.C. Fuentes agregadas y emisiones de gases no - CO<sub>2</sub>” compiló en el 2020, 116.9 Gg CO<sub>2</sub>eq, lo que significó el 37.8 % de total de emisiones. Dentro de esta, las emisiones de N<sub>2</sub>O del manejo de suelos agrícolas tuvieron el mayor impacto totalizando el 97.0 %. Las emisiones directas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados constituyeron la subcategoría más significativa con 81.3 Gg CO<sub>2</sub>eq que representó un 69.6% (Figura 12). En esta subcategoría solamente se estimaron las emisiones directas de N<sub>2</sub>O producto de la aplicación de fertilizantes sintéticos nitrogenados

**Tabla 1.** Resumen de las emisiones de GEI en el sector agricultura. Provincia de Cienfuegos. Serie 2010-2020.

| Subcategorías  | GEI              | 2010         | 2011         | 2012         | 2013         | 2014         | 2015         | 2016         | 2017         | 2018         | 2019         | 2020         |
|--|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>3.A GANADO</b>  |                  | <b>198.7</b> | <b>206.7</b> | <b>208.0</b> | <b>210.1</b> | <b>212.0</b> | <b>211.0</b> | <b>211.0</b> | <b>205.0</b> | <b>197.8</b> | <b>196.5</b> | <b>192.5</b> |
| 3.A.1 Fermentación Entérica  | CH <sub>4</sub>  | 173.5        | 180.0        | 182.9        | 184.1        | 184.7        | 183.6        | 183.4        | 177.0        | 171.7        | 170.7        | 169.0        |
| 3.A.2 Gestión del Estiércol  | <b>Total</b>     | <b>25.2</b>  | <b>26.7</b>  | <b>25.1</b>  | <b>26.0</b>  | <b>27.3</b>  | <b>27.5</b>  | <b>27.6</b>  | <b>28.0</b>  | <b>26.1</b>  | <b>25.8</b>  | <b>23.4</b>  |
|  | CH <sub>4</sub>  | 16.0         | 17.1         | 15.8         | 16.5         | 17.7         | 17.9         | 18.1         | 18.6         | 17.2         | 16.9         | 14.9         |
|  | N <sub>2</sub> O | 9.2          | 9.6          | 9.4          | 9.5          | 9.7          | 9.6          | 9.5          | 9.4          | 8.9          | 8.9          | 8.5          |
| <b>3.B TIERRAS</b>   |                  | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    | <b>NE</b>    |
| <b>3.C FUENTES AGREGADAS Y EMISIONES DE GASES NO- CO<sub>2</sub></b>   |                  | <b>236.8</b> | <b>219.1</b> | <b>200.5</b> | <b>194.5</b> | <b>155.6</b> | <b>150.2</b> | <b>163.4</b> | <b>144.6</b> | <b>123.9</b> | <b>122.1</b> | <b>116.9</b> |
| 3.C.1 Emisiones por quema de biomasa                                   | <b>Total</b>     | <b>0.5</b>   | <b>0.9</b>   | <b>0.0</b>   | <b>0.1</b>   | <b>0.1</b>   | <b>0.4</b>   | <b>0.1</b>   | <b>1.2</b>   | <b>0.0</b>   | <b>0.1</b>   | <b>1.1</b>   |
|  | CH <sub>4</sub>  | 0.3          | 0.6          | 0.0          | 0.1          | 0.1          | 0.3          | 0.1          | 0.8          | 0.0          | 0.0          | 0.8          |
|  | N <sub>2</sub> O | 0.1          | 0.3          | 0.0          | 0.0          | 0.0          | 0.1          | 0.0          | 0.3          | 0.0          | 0.0          | 0.3          |
| 3.C.2 Encalado   | CO <sub>2</sub>  | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           | NE           |
| 3.C.3 Aplicación de Urea   | CO <sub>2</sub>  | 20.4         | 16.2         | 12.9         | 12.2         | 1.6          | 2.2          | 5.1          | 3.9          | 0.5          | 0.9          | 0.3          |
| 3.C.4 Emisiones directas de N <sub>2</sub> O en suelos gestionados     | N <sub>2</sub> O | 154.2        | 142.8        | 131.6        | 127.2        | 105.7        | 100.7        | 108.0        | 96.5         | 84.2         | 84.3         | 81.3         |
| 3.C.5 Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O en suelos gestionados   | N <sub>2</sub> O | 44.9         | 41.1         | 37.3         | 35.8         | 28.9         | 27.2         | 29.9         | 26.5         | 22.7         | 22.7         | 21.7         |
| 3.C.6 Emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O de gestión de estiércol | N <sub>2</sub> O | 11.3         | 12.1         | 11.3         | 11.6         | 12.2         | 12.3         | 12.3         | 12.4         | 11.5         | 11.5         | 10.4         |
| 3.C.7 Cultivo de Arroz   | CH <sub>4</sub>  | 5.5          | 6.1          | 7.3          | 7.6          | 7.1          | 7.3          | 8.1          | 4.1          | 5.0          | 2.7          | 2.1          |
| <b>TOTAL</b>   |                  | <b>435.5</b> | <b>425.9</b> | <b>408.5</b> | <b>404.6</b> | <b>367.6</b> | <b>361.2</b> | <b>374.3</b> | <b>349.6</b> | <b>321.7</b> | <b>318.6</b> | <b>309.4</b> |



**Figura 11.** Desagregación de las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub> eq) de la categoría "Ganadería". Provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.



**Figura 12.** Desagregación de las emisiones de GEI (CO<sub>2</sub> eq) de la categoría "Fuentes agregadas y emisiones de gases No-CO<sub>2</sub>". Provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

(urea y nitrato de amonio) al suelo, los aportes de Nitrógeno aplicado como fertilizantes y abonos orgánicos, los aportes de nitrógeno por residuos agrícolas y los aportes de orina y estiércol de animales de pastoreo. Estos últimos aportes tuvieron el mayor peso en las emisiones de N<sub>2</sub>O con un 73.4 Gg CO<sub>2</sub>eq para un 62.8% del total de la categoría.

Le siguen en orden de importancia las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de suelos gestionados que representaron el 17.8%, en este caso, al igual que en la anterior, se estimaron las mismas fuentes de emisiones de N<sub>2</sub>O. El resto de los aportes no se estimaron por no contar con los datos de actividad. Las emisiones indirectas de N<sub>2</sub>O de manejo de estiércol (8.5%) fueron de 0.033 Gg N<sub>2</sub>O que equivalen a 10.4 Gg CO<sub>2</sub>eq.

Las emisiones de CH<sub>4</sub> generadas por el cultivo de arroz fueron de 0.098 Gg CH<sub>4</sub> que equivalen a 2.1 Gg CO<sub>2</sub> eq, lo que representó el 1.8 % de la categoría 3.C. Estas fueron directamente proporcionales a la superficie cultivada de arroz en la provincia y mantuvieron una tendencia a la disminución en el periodo analizado. Las emisiones por quema de biomasa forestal y aplicación de urea tuvieron el menor impacto en el total de emisiones de la categoría 3.C en la provincia de

Cienfuegos con el 1.0 % y 0.3 % respectivamente. En el año 2020, las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O generadas por la quema de biomasa en tierras forestales fueron de 0.038 Gg CH<sub>4</sub> y 0.001 Gg N<sub>2</sub>O que equivalen a 1.1 Gg CO<sub>2</sub>eq. Por su parte, En el año 2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la aplicación de urea fueron de 0.30 Gg.

### Resumen de emisiones por tipo de GEI

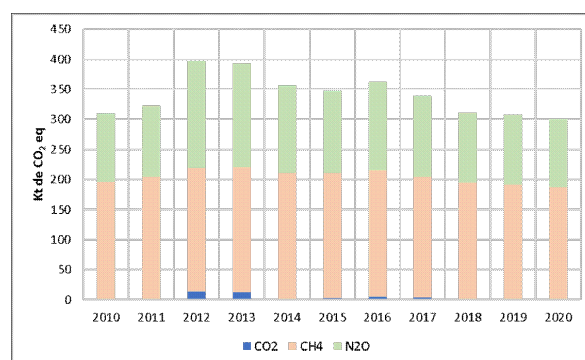
Del total de las emisiones de la provincia en el 2020, 186.8 Gg CO<sub>2</sub>eq (62.3 %) correspondió al CH<sub>4</sub>, 112.75 Gg CO<sub>2</sub>eq (37.6 %) al N<sub>2</sub>O, y solo 0.3 Gg CO<sub>2</sub>eq (0.1 %) al CO<sub>2</sub> (Figura 13). Las emisiones de CH<sub>4</sub>, provinieron principalmente de la fermentación entérica del ganado, actividad que aportó un 90.5% de estas, seguido de la gestión del estiércol del ganado con un 8.0%. El cultivo del arroz y la quema de biomasa forestal aportaron el 1.5 %.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O estuvieron asociadas principalmente de las actividades vinculadas a los suelos agrícolas (82.95%), mientras que el resto se originó en la gestión del estiércol (16.75%) y en la quema de tierras forestales (0.3%).

Por último, las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector provinieron en su totalidad de la aplicación de urea, con una representación muy baja en cuanto al total (0.1 %).

### Resumen de emisiones por municipios

Todos los municipios de la provincia evidenciaron una disminución de las emisiones de GEI en el período estudiado (Figura 14). En el 2020, Cumanayagua (18.65%), Rodas (17.59%), Aguada de Pasajeros (16.01%) y Cienfuegos (12.66%) fueron los que aportaron la mayor cantidad de emisiones con un 64.91 % del total provincial. Esto es debido a que concentran la mayor masa ganadera del territorio.



**Figura 13.** Emisiones de GEI expresadas en CO<sub>2</sub> eq por tipo de gas emitido. Provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

### Cálculo de la incertidumbre

La información sobre incertidumbres no está destinada a disputar la validez de los estimados del inven-



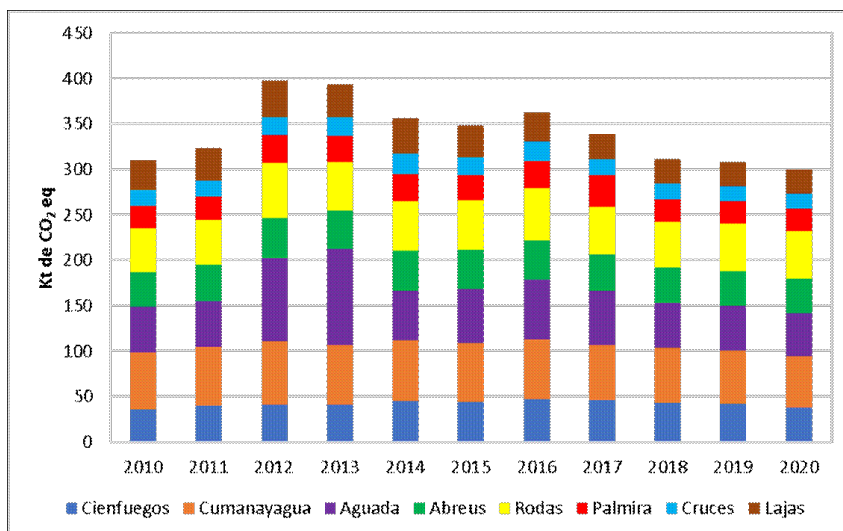


Figura 14. Emisiones de GEI (CO<sub>2</sub> eq) del sector agrícola por municipios de la provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

tario, sino para ayudar a priorizar los esfuerzos para mejorar la seguridad de este en el futuro y guiar las decisiones acerca de las elecciones metodológicas. La incertidumbre combinada como porcentaje del total provincial en el año es alta (27.8 %) (Anexo 1). Los mayores aportes a estas provienen de las emisiones de N<sub>2</sub>O proveniente de los suelos agrícolas, dado que los FE de la volatilización y lixiviación son muy altos.

### CONCLUSIONES

El inventario de emisiones de GEI en el Sector Agricultura en la provincia de Cienfuegos, primero de su tipo en la provincia, permite conocer las cantidades de GEI emitido en el periodo 2010-2020, además constituye una herramienta valiosa para tomar decisiones a nivel local, priorizar acciones y medidas de mitigación acorde a las metas nacionales, apoyar el desarrollo, implementar y monitorear el impacto de dichas acciones.

En el período 2010-2020 las emisiones de GEI provenientes del sector Agricultura mantienen una tendencia a la disminución con un decrecimiento del 28.9% del 2020 con respecto al 2010. En el 2020 el gas más emitido es el metano con el 60.3% del total, seguido del óxido nitroso. La categoría 3A Ganado muestra las mayores emisiones (62.2%) y la subcategoría 3.A.1 Fermentación entérica del ganado resulta ser la más representativa con el 56.4% de las emisiones del sector.

El inventario evidencia la contribución de cada municipio al total de las emisiones del sector, siendo los municipios de Cumanayagua, Rodas, Aguada de Pasajeros los que más aportan al total de emisiones de la provincia con 18.6%, 17.6% y 16.0%, respectivamente.

### REFERENCIAS

Alemán, M., & 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>

Asman, W.A.H., Sutton, M.A. and Schjoerring, J.K. (1998). Ammonia: emission, atmospheric transport and deposition. *New Phytol.*, 139, p. 27-48

Cinquantini, M. A., Bertolino, R., Ayala, E., & Amanquez, C. (2016). Modelo de Inventario de Gases de Efecto Invernadero para Ciudades y Gobiernos Locales. La experiencia de la ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina (N.o 10; Número 10, p. 34). <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentinien/12675.pdf>

CITMA. (2015). Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. CITMA. [http://euroclimaplus.org/intranet/\\_documentos/repositorio/02Comunicacion%20NUCambio%20Climatico\\_Cuba.pdf](http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/02Comunicacion%20NUCambio%20Climatico_Cuba.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.
- IBD. (2014). Climate change and IBD: Building Resilience and Reducing Emissions. Sector Study: Agriculture and Natural Resources (p. 75). <http://publications.iadb.org/publications/english/document/Background-Paper-Agriculture-and-Natural-Resources-Sector.pdf>
- 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). 2006 IPCC 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. (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 [Masson-Delmotte V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.)]. (p. 32). [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf)
- Minami, K. (1995). The effect of nitrogen fertilizer use and other practices on methane emission from flooded rice. *Fertilizer Research* 40, 71-84.
- Monteny, G.J. and Erisman, J.W. (1998). Ammonia emissions from dairy cow buildings: A review of measurement techniques, influencing factors and possibilities for reduction. *Neth. J. Agric. Sci.*, 46, p. 225- 247.
- Neue, H. U., & Sass, R. (1994). Trace gas emissions from rice fields. In: Prinn R.G. (ed.). *Global Atmospheric-Biospheric Chemis.* Plenum Press, New York, 48, 119-148.
- ONEI. (2021). Anuario Estadístico de Cuba 2020. [https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/anuario\\_2020\\_ver2021\\_IYMhjjw.pdf](https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/anuario_2020_ver2021_IYMhjjw.pdf)
- Rodríguez, M. M., & Martínez, C. D. (2018). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de la Universidad libre - Sede principal [Tesis presentada en opción al título a Ingeniero Ambiental, Universidad Libre, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Ambiental]. <https://hdl.handle.net/10901/15876>
- Sosa, C., & 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.
- Werneck, M., Junqueira, R., Knauer, S., Amaral, D., Barbosa, A. P., Oliveira, V., Barbosa, F., Pimenta, R., & Rates, B. (2020). 4o Inventario Municipal de Emisiones de GEI. Informe técnico de actualización y extracción de datos periodo: 2009-2019 (p. 42). <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/meio-ambiente/2021/4o-inventario-municipal-de-emissaoes-de-gei.pdf>
- M.Sc. Dianelly Gómez Díaz. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: [dianellygomez2310@gmail.com](mailto:dianellygomez2310@gmail.com)
- M.Sc. Endris Yoel Viera González. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: [endrisviera@gmail.com](mailto:endrisviera@gmail.com)
- M.Sc. Sinaí Barcia Sardiñas. Escuela Ramal de la Agricultura de Cienfuegos. E-mail: [sinaibs@gmail.com](mailto:sinaibs@gmail.com)
- Lic. Lennis Beatriz Fuentes Roque. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: [lennis.0320@gmail.com](mailto:lennis.0320@gmail.com)
- Lic. Miguel Angel Porres García. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: [miguelangelporresgarcia@gmail.com](mailto:miguelangelporresgarcia@gmail.com)
- Ing. Leonardo Mejías Seibanes. Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. E-mail: [Im640724@gmail.com](mailto:Im640724@gmail.com)
- Tec. Raquel Alejandra Angulo Romero. <sup>1</sup>Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos.
- M. Sc. Osmany Chibás Guevara. Escuela Ramal de la Agricultura de Cienfuegos. E-mail: [osmanychibas@gmail.com](mailto:osmanychibas@gmail.com)
- Ing. Eneida Rubio Rodríguez. Delegación Provincial de la Agricultura de Cienfuegos. E-mail: [estado.suelos@dlg.cfg.minag.gob.cu](mailto:estado.suelos@dlg.cfg.minag.gob.cu)
- Ing. Carlos E. Villavicencio Pérez. Empresa Glucosa. E-mail: [carlosvillavicencioperez@gmail.com](mailto:carlosvillavicencioperez@gmail.com)
- Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**Anexo 1.** Evaluación de incertidumbre para las emisiones de GEI (en CO<sub>2</sub>eq) en el sector agrícola de la provincia de Cienfuegos aplicando el método de Nivel 1. Año 2020.

| 2006 IPCC Categories   | Gas              | Base Year emissions or removals (Gg CO <sub>2</sub> equivalent) | Year T emissions or removals (Gg CO <sub>2</sub> equivalent) | Activity Data Uncertainty (%) | Emission Factor Uncertainty (%) | Combined Uncertainty (%) | Contribution to Variance by Category in Year T | Inventory trend in national emissions for year t increase with respect to base year (% of base year) | Uncertainty introduced into the trend in total national emissions (%) |
|--|------------------|---|--|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------|--|--|---|
| <b>3 - Agriculture, Forestry, and Other Land Use</b>               |                  |   |  |                               |                                 |                          |  |  |   |
| 3.A.1 - Enteric Fermentation                                       | CH <sub>4</sub>  | 173.53  | 169.04   | 14.14                         | 42.43                           | 44.72                    | 39.64  | 97.41  | 7.07  |
| 3.A.2 - Manure Management  | CH <sub>4</sub>  | 15.95   | 14.92  | 45.00                         | 146.88                          | 153.62                   | 0.41   | 93.53  | 0.30  |
| 3.A.2 - Manure Management  | N <sub>2</sub> O | 9.21  | 8.51   | 45.00                         | 264.58                          | 268.37                   | 3.81   | 92.47  | 0.14  |
| 3.C.1 - Emissions from biomass burning                             | CH <sub>4</sub>  | 0.33  | 0.84   | 15.00                         | 70.00                           | 71.59                    | 0.04   | 252.85   | 0.02  |
| 3.C.1 - Emissions from biomass burning                             | N <sub>2</sub> O | 0.14  | 0.37   | 15.00                         | 0.00                            | 15.00                    | 0.00   | 252.85   | 0.00  |
| 3.C.3 - Urea application   | CO <sub>2</sub>  | 0.00  | 0.30   | 10.00                         | 40.00                           | 41.23                    | 0.00   | 0.00   | 0.00  |
| 3.C.4 - Direct N <sub>2</sub> O Emissions from managed soils       | N <sub>2</sub> O | 75.45   | 74.41  | 8.00                          | 50.00                           | 50.64                    | 157.83   | 98.62  | 7.42  |
| 3.C.5 - Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from managed soils     | N <sub>2</sub> O | 18.85   | 19.11  | 5.00                          | 330.00                          | 330.04                   | 442.17   | 101.36   | 1.08  |
| 3.C.6 - Indirect N <sub>2</sub> O Emissions from manure management | N <sub>2</sub> O | 11.34   | 10.37  | 15.00                         | 330.00                          | 330.34                   | 130.40   | 91.42  | 0.90  |
| 3.C.7 - Rice cultivation   | CH <sub>4</sub>  | 5.52  | 2.05   | 7.00                          | 40.00                           | 40.61                    | 0.08   | 37.22  | 0.18  |
| 3.D.1 - Harvested Wood Products                                    | CO <sub>2</sub>  | 0.00  | 0.00   | 0.00                          | 0.00                            | 0.00                     | 0.00   | 100.00   | 0.00  |
|  |                  | Sum(C): 310.330   | Sum(D): 299.918  | Total                         |                                 |                          | Sum(H): 774.377                                |  | Sum(M): 17.116  |
|  |                  |   |  |                               |                                 |                          | Uncertainty in total inventory: 27.828         |  | Trend uncertainty: 4.137  |