



Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero en Procesos Agroindustriales

Título: Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero de la provincia Cienfuegos en el período 2010-2020.

Autor: Carlos Ernesto Villavicencio Pérez

Tutores: MSc. Osmany Chibás Guevara

MSc. Dianelly Gómez Díaz

2023

“Año 65 de la Revolución”

PENSAMIENTO

Cesen los egoísmos, cesen los hegemonismos, cesen la insensibilidad, la irresponsabilidad y el engaño. Mañana será demasiado tarde para hacer lo que debimos haber hecho hace mucho tiempo.

Fidel Castro Ruz

Discurso pronunciado,
Cumbre de Río de Janeiro 1992

DEDICATORIA

A mi familia que nunca ha dejado de alentarme para culminar este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores de tesis MSc. Osmany Chibás Guevara y MSc. Dianelly Gómez Díaz por la paciencia, los conocimientos brindados y sobre todo la preocupación a la hora de guiarme para la realización de este proyecto.

A mis profesores, mis compañeros de grupo y a todas aquellas personas que de una forma u otra me han brindado su mano solidaria.

ACRÓNIMOS

Siglas	Significado
AFOLU	Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (Agriculture, Forestry and Other Land Use, por sus siglas en ingles)
AGROFORT_100	Fortalecimiento de las capacidades del sector agropecuario de la provincia de Cienfuegos en la mitigación y adaptación al cambio climático
ALC	América Latina y el Caribe
CFCs	Clorofluorocarbonados
CH ₄	Metano
CITMA	Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente
CMNUCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CND	Contribución Nacionalmente Determinada
CO ₂	Dióxido de Carbono
CO ₂ eq	Dióxido de Carbono equivalente
CoP	Conferencia de las Partes
DA	Datos de actividad del proceso en el sector
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FE	Factor de emisión asociado con un gas por unidad de actividad
GEI	Gases de efecto invernadero
GHG Protocolo	Protocolo de Gases de Efecto Invernadero
GLEAM	Modelo de Evaluación Ambiental para la Ganadería Mundial
GRI	Global Reporting Initiative
HC	Huella de carbono
HFC	Hidrofluorocarbonos
IDEAM	Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales
Insmet	Instituto de Meteorología
IPCC	Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos
Kt	Kilo toneladas
MAYDS	Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
Mt	Miles de toneladas
N	Nitrógeno
N ₂ O	Óxido Nitroso
NAMA	Nationally Appropriate Mitigation Action
NCD	Contribución Nacionalmente Determinada
NH ₃	Amoniaco
NH ₄	Amonio
NO ₂	Nitrógeno
NO ₃	Nitrato

O ₃	Ozono
OMM	Organización Meteorológica Mundial
PCG	Potencial de Calentamiento Global
SME	Sistema de manejo de ese estiércol
TCN	Tercera Comunicación Nacional

Contenido

INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 Cambio climático.....	5
1.1.1 Factores que causan el cambio climático.....	5
1.1.2 Efectos del cambio climático.....	5
1.1.3 Efectos sobre la agricultura.....	6
1.1.4 Futuros efectos del cambio climático.....	7
1.1.5 Respuestas nacionales.....	8
1.2 Efecto Invernadero.....	10
1.2.1 Principales gases de efecto invernadero.....	11
1.2.2 Potencial de calentamiento global de los GEI.....	13
1.2.3 Cuba, Cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero.....	13
1.2.4 Inventario de GEI.....	14
1.2.5 Emisiones de GEI en la ganadería.....	15
1.3 Metodologías empleadas para el calcular las emisiones de GEI.....	15
1.3.1 Inventario nacional de emisiones y absorciones de GEI.....	16
1.4 Agricultura vs Efecto Invernadero.....	17
1.4.1 La agricultura como fuente y sumidero.....	18
1.4.2 Efectos de la ganadería en el cambio climático.....	19
1.4.3 Situación regional.....	22
1.4.4 Situación Nacional.....	23
CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1 Caracterización de la zona de estudio.....	26
2.1.1 Breve caracterización de la provincia de Cienfuegos.....	26
2.2 Metodología empleada.....	28
2.2.1 Emisiones provenientes de la ganadería.....	31
2.3 Control de la calidad y garantía de calidad.....	38
2.4 Propuesta de medidas de mitigación y adaptación.....	38
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1 Comportamiento de la población ganadera en Cienfuegos.....	39
3.2 Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el Sector Ganadero.....	40
3.2.1 Fermentación entérica del ganado.....	40
3.2.2 Gestión del estiércol del ganado.....	43

3.3 Resumen de las emisiones GEI de la provincia de Cienfuegos en el sector Ganadero	47
3.3 Control y garantía de la calidad.....	50
3.4 Limitaciones en el estudio	56
3.5 Medidas de mitigación y adaptación	57
CONCLUSIONES.....	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	67

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 Ganadería 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 Gases de Efecto Invernadero del sector Ganadero en la provincia de Cienfuegos, fueron de 192.5 Gg CO₂eq (representa un 3.1% menor que el año 2010). Del total de estas emisiones, el 87.7% correspondió al metano (CH₄) y el 12.2% al óxido nitroso (N₂O). Las emisiones de CH₄ ascienden a 184.0 Gg CO₂eq y provienen principalmente de la fermentación entérica del ganado, actividad que aporta 169.0 Gg CO₂eq, (91.9% de las mismas). Las emisiones de N₂O del sector ascienden a 8.5 Gg CO₂eq y provienen en su totalidad de la gestión del estiércol, y dentro de ella, el 45% corresponde al ganado bovino. El inventario de emisiones del Sector Ganadero 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, implementar y monitorear el impacto de dichas acciones.

Palabras claves: emisiones de gases de efecto invernadero, agricultura y ganadería.

Abstract

In Cuba, agriculture is responsible for 20% of Greenhouse Gas Emissions, making it the second highest emitting sector. This research aims to estimate the Greenhouse Gas Emissions in the Livestock sector in the province of Cienfuegos during the period 2010-2020. The methodologies used were the Guidelines of the Intergovernmental Panel on Climate Change of 2006. In 2020, the greenhouse gas emissions from the Livestock sector in the province of Cienfuegos were 192.5 Gg CO₂eq (representing a 3.1% decrease compared to 2010). Of the total emissions, 87.7% corresponded to methane (CH₄) and 12.2% to nitrous oxide (N₂O). CH₄ emissions amount to 184.0 Gg CO₂eq and mainly come from enteric fermentation of livestock, which contributes 169.0 Gg CO₂eq (91.9% of the total). N₂O emissions from the sector amount to 8.5 Gg CO₂eq and come entirely from manure management, with 45% of it attributed to cattle. The emissions inventory of the Livestock Sector in the province of Cienfuegos is a valuable tool for making local decisions, prioritizing actions and mitigation measures in

accordance with national goals, supporting development, implementing, and monitoring the impact of these actions.

Key words: Greenhouse Gas Emissions, agriculture and livestock.

INTRODUCCION

Desde que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) registró por vez primera el calentamiento global en 1985, se evidenció que el origen del fenómeno era de larga data, producido por las concentraciones atmosféricas de los llamados gases de efecto invernadero (Ruiz, Castañeda, & Moreno, 2023).

La influencia humana en el sistema climático es clara. Esto se debe al aumento de concentración de gases de efecto invernadero en la atmosfera, forzamiento radiativo positivo, el calentamiento observado y la comprensión del sistema climático (IPCC, 2013).

Los cambios que se vienen produciendo en las últimas décadas en las condiciones climáticas son cada vez más acelerados. La Organización Meteorológica Mundial, en su reporte del Estado del Clima Global, asegura que los últimos cuatro años han sido los más cálidos jamás registrados, y la temperatura media mundial del aire en superficie de 2018 estuvo aproximadamente 1 °C por encima del valor de referencia de la era preindustrial (OMM, 2019), Citado por (CITMA, 2020).

El cambio climático es una realidad. Hoy ya vivimos sus efectos y las proyecciones señalan que los eventos extremos serán cada vez más frecuentes e intensos: olas de calor, marejadas, aluviones, incendios forestales, entre muchos otros (Ministerio del Medio Ambiente, 2022).

La agricultura convencional es responsable de la emisión del 24% de gases de efecto invernadero, siendo el sector agrícola el más vulnerable. Frente a esto, resulta urgente e inevitable el apoyo a los pequeños agricultores y sus familias que, según la FAO (2016) producen el 70% de alimentos que se consumen en el mundo, siendo estos los que trabajan a favor de la soberanía alimentaria y el mejoramiento del medio ambiente. La sociedad en la actualidad necesita asegurar la estabilidad en la disponibilidad y accesibilidad de alimentos saludables a escala regional y global (Bommarco, Vico, & Hallin, 2018), los sistemas agroproductivos convencionales no están resolviendo los problemas de alimentación y amenazan la seguridad alimentaria mundial, debido a que están generando una contaminación ambiental considerable (Francis & Campbell, 2003).

En el 2013, durante la XIX Conferencia de las Partes (CoP) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) realizada en Varsovia,

Polonia, fue adoptada una Decisión que establece la obligación de todas las Partes para preparar y presentar en el año 2015, en la XXI CoP a realizarse en París, Francia, sus respectivos compromisos de reducción de emisiones (Álvarez & Vargas, 2014).

La República de Cuba es Parte de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) desde el 5 de enero de 1994, y es Parte del Protocolo de Kioto desde el 30 de abril de 2002. Cuba ratificó el Acuerdo de París el 28 de diciembre de 2016. En esta última fecha también presentó su instrumento de aceptación de la Enmienda de Doha. El país presentó su propuesta de Contribución Nacionalmente Determinada (CND) el 23 de noviembre de 2015; incluyendo en ella contribuciones en adaptación, reconocida como prioridad, y contribuciones en mitigación. Cuba ha decidido actualizar su CND en el 2020, en correspondencia con los párrafos 22 y 24 de la Decisión 1CP21 (CITMA, 2020).

La comprensión del cambio climático y de la necesidad de la adaptación y la mitigación como factores esenciales para el desarrollo sostenible del país, forman parte de las políticas nacionales relacionadas con las proyecciones económica, social y medio ambiental a corto, mediano y largo plazos. Esto es consecuencia del papel que en Cuba tiene la ciencia y la cultura, desde el inicio del proceso revolucionario en 1959. El primer estudio del impacto del cambio climático en sectores socio-económicos priorizados se hizo en el año 1991 y la primera evaluación de las variaciones y cambios en el clima cubano se realizó en 1997. Desde entonces los avances han sido significativos (CITMA, 2020).

En el año 2017 se elevó la atención del Estado y el Gobierno sobre este importante tema, 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. Basado en este plan, mensualmente se supervisa la marcha de las medidas de adaptación y mitigación en todos los sectores socioeconómicos, los avances de la ciencia y la comunicación. La Tarea Vida está en constante perfeccionamiento, como instrumento de trabajo estratégico para la supervivencia del país (CITMA, 2020).

La ciencia ha demostrado lo inevitable del cambio climático y sus desastrosas consecuencias para la vida en el planeta. El límite en que los procesos naturales funcionarían descontroladamente para la supervivencia fue fijado para un incremento

de la temperatura promedio global respecto a la era preindustrial entre 1.5 y 2.0 °C; a no rebasar ese umbral es el llamado del Acuerdos de París del 2015. El Acuerdo de París, más que todo, es un llamado a los países desarrollados a asumir su responsabilidad reduciendo las emisiones de Gases de Efecto Invernadero; y, no obstante, las aplastantes pruebas, el actual Gobierno de los Estados Unidos de América desconoce, como nunca antes, esta realidad y peor aún, la califica como un invento de los enemigos de la nación norteamericana (CITMA, 2020).

Esta es la realidad climática actual de un mundo, aquejado de otros muchos males; un mundo con cientos de millones de personas sobreviviendo en condiciones infrahumanas mientras unos pocos dilapidan dinero y alientan el desarrollo basado en políticas consumistas y medioambientalmente agresivas.

Fidel Castro Ruz, líder histórico de la Revolución cubana, señaló que “...el cambio climático es el peligro más inminente que en menos de un siglo puede hacer imposible la supervivencia de la especie humana” (CITMA, 2020).

Ante tal realidad desproporcionada y poco esperanzadora, Cuba presenta su Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático; mostrando sus avances y su compromiso con el desarrollo sostenible del planeta. La importancia de este documento radica en el nivel científico alcanzado por las evaluaciones realizadas y su utilidad práctica para la toma de decisiones, hoy expresadas claramente en el Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático; en la capacidad desarrollada para incorporar en este proceso a toda la sociedad; y en su espíritu solidario, con la fortaleza demostrada en la cooperación Sur-Sur (CITMA, 2020).

El inventario de gases de efecto invernadero, elemento inicial y clave en toda la evaluación, se elaboró para la serie 1990-2016, con énfasis en el año 2016; siguiendo las Directrices del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático del 2006 (CITMA, 2020).

Los elementos aportados anteriormente ratifican la alta prioridad, la sensibilidad y el compromiso que han caracterizado al Estado cubano al abordar la problemática del cambio climático, donde la voluntad política para enfrentarlo en todas sus aristas es manifiesta y está salvaguardada bajo cualquier circunstancia. La Tercera

Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático es una muestra fehaciente de ello (CITMA, 2020).

La novedad científica de la investigación radica en contar por primera vez con la estimación de emisiones de GEI a escala provincial del sector ganadero en el territorio Cienfueguero, en función de contribuir a la generación de acciones de mitigación del cambio climático.

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).

Por todo lo antes expuesto se presenta como:

Problema de investigación

El desconocimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero de la provincia Cienfuegos, impide tomar decisiones acertadas que contribuyan a su mitigación o adaptación.

Hipótesis

El conocimiento del comportamiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector ganadero de la provincia Cienfuegos permitirá proponer medidas para el fortalecimiento de la capacidad de adaptación al cambio climático, la mitigación de su impacto ante un escenario climático actual y futuro más cálido y extremo.

Objetivo general

Estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el sector ganadero de la provincia de Cienfuegos en el período 2010 - 2020.

Objetivos específicos

- Aplicar la metodología propuestas por el IPCC, 2006 para estimar las emisiones de GEI en la ganadería en la provincia de Cienfuegos.
- Elaborar propuestas de medidas de mitigación orientadas a la reducción de GEI en el sector ganadero de la provincia de Cienfuegos.

CAPÍTULO 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1 Cambio climático

El cambio climático es una variación persistente del clima atribuida, directa o indirectamente, a la actividad humana durante períodos de tiempo comparables. Es adicional a la variabilidad climática natural observada por cambios del equilibrio entre la energía solar entrante y la energía reemitida por la tierra hacia el espacio. El cambio climático se debe principalmente al aumento de la concentración atmosférica de los Gases de Efecto Invernadero (GEI) por encima de los niveles naturales (Lesman M. , 2018).

El cambio climático consiste en el incremento gradual en la temperatura del planeta, el incremento en el nivel del mar y el cambio en los patrones de lluvia, así como en la frecuencia, la magnitud y la intensidad de eventos de clima extremo, como sequías e inundaciones (Ruiz, Castañeda, & Moreno, 2023).

1.1.1 Factores que causan el cambio climático

Entre las causas que se mencionan más frecuentemente que causan el cambio climático se encuentran las emisiones de aerosoles a la atmósfera, el aumento de las emisiones de dióxido de carbono, gas metano e hidratos de metano y por supuesto, las emisiones de gases de efecto invernadero por el uso de combustibles fósiles. Informes del IPCC indican que las causas del cambio climático son de origen natural y antropogénicas. Resaltan una cadena de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), las concentraciones atmosféricas y el avance en el desarrollo de la tecnología nuclear (Consejo Universitario, 2019).

La creciente población mundial ha causado que se necesite producir una mayor cantidad de energía, así como también es marcado el crecimiento en los sectores de industria, vivienda y comercio. Estos fenómenos a su vez muestran correlación con un índice creciente de deforestación (Consejo Universitario, 2019).

1.1.2 Efectos del cambio climático

El cambio climático es la mayor amenaza existencial de nuestro planeta. Si no se reducen las emisiones de GEI procedentes de la quema de combustibles fósiles, las consecuencias del aumento de las temperaturas globales incluyen el colapso masivo de los cultivos y la pesca, la desaparición de cientos de miles de especies y la inhabitabilidad de comunidades enteras. Aunque estos resultados pueden ser

evitables, el cambio climático ya causa sufrimiento y muerte. Sus efectos, que van desde los incendios forestales hasta las tormentas más fuertes, se pueden sentir hoy en día, fuera de nuestras propias ventanas.

Entender estos impactos puede ayudarnos a prepararnos para lo que está aquí, lo que es evitable y lo que está por venir, y a preparar y proteger mejor a todas las comunidades. Aunque todo el mundo se ve o se verá afectado por el cambio climático, los que viven en los países más pobres del mundo que son los que menos han contribuido a los problemas son los más vulnerables al clima. Son los que tienen menos recursos financieros para responder a las crisis o adaptarse, y dependen estrechamente de un mundo natural sano y próspero para obtener alimentos e ingresos (Lindwall, 2022).

A medida que aumentan las temperaturas globales, se producen cambios generalizados en los sistemas climáticos que hacen que fenómenos como las sequías, los huracanes y las inundaciones sean más intensos e imprevisibles. Los fenómenos meteorológicos extremos, son cada vez más frecuentes en el planeta. Sin embargo, no todos los lugares experimentarán los mismos efectos. El cambio climático puede provocar graves sequías en una región y hacer más probables las inundaciones en otras.

El planeta ya se ha calentado 1,1°C (1,9 grados Fahrenheit) desde que comenzó la era preindustrial hace 250 años. Los científicos advierten que podría llegar a un escenario peor, de 4°C (7,2 grados Fahrenheit) para el año 2100, si no se abordan las causas del cambio climático, es decir, la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) (Lindwall, 2022).

1.1.3 Efectos sobre la agricultura

En un mundo que se calienta, los cultivos son más impredecibles, y el ganado, que es sensible a las condiciones meteorológicas extremas, se vuelve más difícil de criar. El cambio climático modifica los patrones de precipitación, lo que provoca inundaciones imprevisibles y sequías más duraderas. Los huracanes, más frecuentes y severos, pueden devastar los cultivos de toda una temporada. Mientras tanto, se espera que la dinámica de las plagas, los patógenos y las especies invasoras todos ellos costosos de gestionar para los agricultores también sean más difícil de predecir. Esto es una mala noticia, dado que la mayoría de las explotaciones agrícolas del mundo son

pequeñas y manejadas en familia. Una mala sequía o una inundación podrían diezmar la cosecha o el rebaño de toda una temporada (Lindwall, 2022).

1.1.3.1 Efectos sobre la ganadería

Sobre la ganadería, el cambio climático puede influir en la reproducción, el metabolismo y la sanidad animal, debido a respuestas diferenciales al clima. El aumento de temperatura influye en muchos aspectos, que van desde alteraciones en las horas activas de pastoreo o una mayor incidencia de procesos infecciosos en los que el clima influye en los ciclos vitales de los vectores. Por tanto, se puede esperar que se produzcan desequilibrios en dichos ciclos, desajustándose estas afecciones patógenas en su localización espacial y temporal. Un aspecto positivo reseñable es la reducción de costes destinados a la protección del ganado durante los inviernos, ya que las temperaturas se suavizarán, aunque los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno (Piqueras, 2007).

1.1.4 Futuros efectos del cambio climático

La primera ola de impactos ya puede sentirse en las comunidades y verse en las noticias. En un futuro próximo, entre 2030 y 2050, se espera que el cambio climático provoque 250 mil muertes más por año por causas como la malnutrición, las enfermedades transmitidas por insectos y el estrés térmico. El Banco Mundial estima que el cambio climático podría desplazar a más de 140 millones de personas dentro de sus países de origen en el África subsahariana, Asia meridional y América Latina para 2050.

Pero el grado en que la crisis climática le revierta nuestras vidas depende de que los líderes mundiales decidan trazar un rumbo diferente. Si no se frenan las emisiones de GEI, los científicos predicen un catastrófico calentamiento de 4,3°C (unos 8 grados Fahrenheit) para finales de siglo. ¿Cómo sería un mundo tan cálido? Guerras por el agua. Hospitales abarrotados para hacer frente a la propagación de enfermedades. Pesquerías colapsadas. Arrecifes de corales muertos. Olas de calor aún más letales. Estos son sólo algunos de los impactos previstos por los científicos del clima.

La mitigación del clima, o nuestra capacidad para revertir el cambio climático y deshacer sus efectos generalizados, depende de la promulgación exitosa de políticas que produzcan profundos recortes en la contaminación por carbono, que pongan fin a

la dependencia de los peligrosos combustibles fósiles y a la mortífera contaminación del aire que generan, y que den prioridad a las personas y los ecosistemas en primera línea. Por lo que estas medidas deben tomarse rápidamente para garantizar un presente y un futuro más saludables (Lindwall, 2022).

En uno de sus últimos informes, el IPCC presentó su escenario de emisiones más optimista, en el que el mundo sólo supera brevemente los 1,5 grados de calentamiento, pero las medidas de captura hacen que vuelva a estar por debajo para 2100. La adaptación al clima, un término que hace referencia a la forma de hacer frente a los impactos climáticos, ya no es opcional; es necesaria, sobre todo para las poblaciones más vulnerables del mundo (Lindwall, 2022).

Es importante destacar que la acción climática no es una prueba binaria de aprobado o falla. Cada fracción de grado de calentamiento que evitemos reducirá el sufrimiento y la muerte de seres humanos y mantendrá intactos más sistemas naturales del planeta. La buena noticia es que existe un amplio abanico de soluciones para reducir drásticamente las emisiones, frenar el ritmo del calentamiento y proteger a las comunidades que se encuentran en primera línea de los impactos climáticos. Líderes climáticos de todo el mundo tanto los que están en los principales escenarios políticos como los activistas comunitarios ofrecen modelos alternativos a los sistemas que dan prioridad a los contaminadores sobre las personas (Lindwall, 2022).

Muchas de estas soluciones están arraigadas en la comprensión ancestral e indígena del mundo natural y han existido durante milenios. Algunas soluciones requieren grandes inversiones en energías limpias y renovables y en tecnologías sostenibles. Para tener éxito, las soluciones climáticas también deben abordar las crisis que se entrecruzan como la pobreza, el racismo y la desigualdad de género y que agravan e impulsan las causas y el impacto de la crisis climática. Una combinación de ingenio humano e inmensa voluntad política puede ayudarnos a conseguirlo (Lindwall, 2022).

1.1.5 Respuestas nacionales

Las respuestas de los países se encuadran, por una parte, en las obligaciones propias que surgen de la Convención, como las que incluyen la implementación de programas de mitigación del cambio climático y, por otra, en las acciones de adaptación y preparación frente a la nueva situación que deberá enfrentar.

Cada país enmarcará sus acciones dentro de sus circunstancias nacionales: económica, social, geográfica y cultural.

Si bien todos los países deben implementar acciones de reducción de emisiones o de absorción por sumideros, los que están incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kyoto deben cumplir, además, con compromisos cuantitativos con respecto a los niveles de emisiones a alcanzar.

Las acciones para la reducción de emisiones de estos países del Anexo I deben desarrollarse primariamente en su propio territorio. Además, pueden apelar a los tres mecanismos de flexibilización creados por el Protocolo de Kyoto. Para contribuir a estas acciones se han elaborado, mecanismos de mercado como Sistemas Nacionales o incluso Regionales de reducción de emisiones.

Otro aspecto acerca de la respuesta de los países se refiere a la cooperación para el desarrollo, difusión y transferencia de tecnologías y prácticas que contribuyan a controlar y reducir las emisiones. Muchos países en desarrollo tienen un acotado acceso a las nuevas tecnologías y a los especialistas, es por ello que se hace necesario el intercambio de información.

Las acciones de adaptación y preparación deben atender a los cambios graduales, como aumentos de temperatura, cambios en los regímenes de precipitaciones, aumentos en el nivel del mar y, también, a los cambios abruptos como el aumento en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos, tales como inundaciones, sequías prolongadas, tormentas y olas de calor (PNUMA, 2005).

Mitigación

Conjunto de acciones de prevención, control, atenuación, restauración y compensación de impactos ambientales negativos que deben acompañar el desarrollo de un proyecto para asegurar el uso sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente. Las medidas de mitigación pueden ser de implementación previa, simultánea o posterior a la ejecución del proyecto o acción (Saturia Cabrera & Sierra Plazas, 2016).

Adaptación

La adaptación a los efectos del cambio climático consiste en desarrollar la capacidad para moderar los impactos adversos, creando o potenciando las defensas frente a ellos.

En el contexto del cambio climático, la adaptación ha sido hasta hoy objeto de menor atención que la mitigación. Sin embargo, la adaptación es un núcleo clave de las políticas futuras en materia de cambio climático, ya que permite atender directamente a los impactos locales sobre los sectores más desprotegidos de la sociedad. La adaptación ya no es una opción, sino una necesidad, dado que el clima y los impactos relacionados con sus cambios ya están ocurriendo. La adaptación preventiva y reactiva puede ayudar a reducir los impactos adversos del cambio climático, mejorar las consecuencias beneficiosas y producir muchos efectos secundarios inmediatos, pero no evitará todos los daños (ONU, 2005).

Preparación

La preparación ante el Cambio Climático requiere de un cambio de actitud a nivel personal, local y territorial. Hay que abandonar la idea de que la Madre Tierra es pródiga y nos podemos servir de ella sin pensar en las consecuencias.

La naturaleza se está transformando a un ritmo acelerado, en gran parte por la imprevisión de nosotros, sus hijos; y esas transformaciones nos afectan a todos, y lo peor, le estamos dejando un legado insostenible a las nuevas generaciones.

Algunas medidas generales para mitigar el calentamiento global y sus consecuencias son las siguientes:

1. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero
2. Evitar la erosión de los suelos
3. Incrementar los programas de reciclado
4. Instalar fuentes alternativas de energía limpia
5. Reducir la contaminación de los suelos, las aguas y el aire
6. Limitar la tala de los bosques y mantener programas de incremento de las áreas boscosas (Iturralde, 2013).

1.2 Efecto Invernadero

Se denomina efecto invernadero al fenómeno por el cual determinados gases, que son componentes de una atmósfera planetaria, retienen parte de la energía que el

suelo emite por haber sido calentado por la radiación solar. Afecta a todos los cuerpos planetarios dotados de atmósfera. De acuerdo con el actual consenso científico, el efecto invernadero se está viendo acentuado en la Tierra por la emisión de ciertos gases, como el dióxido de carbono y el metano, debida a la actividad económica humana (Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía, 2010).

El efecto invernadero es un proceso natural por el cual los gases que están presentes en la atmósfera “atrapan” la radiación infrarroja que la tierra emite al espacio. A los gases que atrapan el calor en la atmósfera se les llama gases de efecto invernadero (Lesman M. , 2018).

Las emisiones globales de gases de efecto invernadero han seguido aumentando con contribuciones históricas y actuales desiguales derivadas del uso de energía no sostenible, el cambio de uso de la tierra, los estilos de vida y los patrones de consumo y producción en todas las regiones, entre países y entre individuos (Sierra Praeli, 2023).

1.2.1 Principales gases de efecto invernadero

Los gases invernadero absorben longitudes de onda larga de la radiación calorífica. El dióxido de carbono, contribuyen en un 62% al calentamiento global, por lo que se considera el gas invernadero más importante (Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía, 2010).

Sin embargo, también se ha observado un gran aumento en las concentraciones de otros GEI como el metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), clorofluorocarbonados (CFCs), y ozono (O_3).

Estos por un lado son de larga duración en la atmósfera y absorben fuertemente la radiación calorífica, por lo que su contribución al calentamiento global es elevada a pesar de sus pequeñas concentraciones en comparación con el CO_2 .

Dióxido de carbono (CO_2) se produce cuando cualquier forma o compuesto de carbono se quema en exceso de oxígeno. Sin la intervención humana, sería liberado a la atmósfera en erupciones volcánicas, incendios forestales naturales, así como en la descomposición de materia orgánica en exceso de oxígeno y en los procesos respiratorios (Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía, 2010).

Metano (CH_4): se libera a la atmósfera cuando la materia orgánica se descompone en ambientes carentes de oxígeno. Las emisiones naturales proceden de humedales,

termitas, y océanos. Las fuentes humanas incluyen la extracción y quema de combustibles fósiles, la cría de ganado, los arrozales y la descomposición de residuos en vertederos (Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía, 2010).

Óxido nitroso (N₂O) se produce por la acción microbiana sobre los compuestos del nitrógeno, por ejemplo, fertilizantes agrícolas en el suelo y en el agua. Los océanos y ecosistemas tropicales emiten N₂O de forma natural. Las emisiones humanas proceden de la quema en plantas de biomasa, combustibles fósiles y de la producción de nylon.

Ozono (O₃) es un gas traza que existe de forma natural en la atmósfera. En la estratosfera, absorbe la mayoría de las radiaciones potencialmente dañinas de los rayos UV del sol que pueden causar cáncer de piel y daños en la vegetación entre otras cosas. El ozono de niveles más bajos se produce principalmente a partir de precursores (óxido nitroso, N₂O), en su mayoría procedentes del tráfico. A nivel del suelo, el ozono es el principal constituyente del smog fotoquímico.

Clorofluorocarbonados (CFCs) son compuestos artificiales que se utilizaron en primer lugar como refrigerantes en los años 30 y posteriormente se extendieron ampliamente como propelentes de aerosoles, como agentes espumantes en la industria del jabón, y en aparatos de aire acondicionado. Aunque su presencia en la atmósfera es muy baja, sus moléculas pueden absorber el calor miles de veces mejor que el dióxido de carbono.

Además de estos gases invernadero claves, hay otros gases que también tienen potencial para absorber radiación infrarroja.

Pero es importante señalar que un aumento de la temperatura debido al calentamiento global provocado por el hombre, también puede llevar a un incremento en la concentración de vapor de agua.

Los gases que producen este efecto son varios: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido de nitrógeno (N₂O) y los hidrofluorocarbonos (HFC). Todos ellos existen naturalmente, pero son producidos también por las actividades humanas, en especial aquellas que implican la quema de combustibles fósiles (Ruiz, Castañeda, & Moreno, 2023).

1.2.2 Potencial de calentamiento global de los GEI

El potencial de calentamiento global (PCG) es una medida de la capacidad que tienen diferentes GEI en la retención del calor en la atmósfera, ya que no todos los gases absorben la radiación infrarroja de la misma manera ni todos tienen igual vida media en la atmósfera. El gas utilizado como referencia para medir otros GEI es el CO₂, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1. Cuanto más alto sea el PCG que produce un gas, mayor será su capacidad de retención del calor en la atmósfera (Tabla 1).

Tabla 1. Potencial de calentamiento global de los GEI.

GEI	Potencial de Calentamiento Global			
	IPCC 1995	IPCC 2001	IPCC 2007	IPCC 2014
Dióxido de carbono (CO ₂)	1	1	1	1
Metano (CH ₄)	21	23	25	28
Óxido nitroso (N ₂ O)	310	296	298	265

Fuente: CITIES, 2014

1.2.3 Cuba, Cambio climático y emisiones de gases de efecto invernadero

La primera evaluación del impacto del cambio climático en Cuba se realizó en el año 1991, coordinado por la Comisión para el Cambio Climático, instituida por la Academia de Ciencias de Cuba, entonces organismo rector de la ciencia en el país. En ese estudio se evaluó el impacto que tendría el cambio climático en el año 2100, en la agricultura, los ecosistemas naturales y terrestres, la hidrología y los recursos hídricos, las áreas oceánicas y zonas costeras, los asentamientos poblacionales, y la salud humana; basado en los primeros escenarios globales del IPCC, que estimaban que la temperatura promedio del planeta podría incrementarse hasta 2.5° C, la precipitación reducirse entre el 10 y el 20% y el nivel medio del mar aumentar entre 20 y 95 cm (Planos, y otros, 2018).

(Álvarez & Vargas, 2014) publican “Cuba, como Parte de la CMNUCC, deberá acometer acciones que le permitan oportunamente definir cuál será su compromiso de reducción de emisiones como país y a la par, deberá identificar cómo desglosará el cumplimiento de ese compromiso por sectores socioeconómicos, tomando en consideración los resultados del Inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI), proceso que reiterativamente ha sido realizado desde 1990 cada dos años y que ya ha concluido el informe correspondiente al año 2008, iniciándose actualmente la preparación de la información pertinente para el año 2010.”

En tal sentido, un aspecto que no puede ser pasado por alto es que tanto internacional como nacionalmente el sector agropecuario constituye la segunda fuente de importancia en emisiones de GEI. Por tal razón, para la identificación de acciones relacionadas con el cumplimiento de la Decisión de la CoP en los sectores atendidos por el Ministerio de la Agricultura, constituirán argumentos definatorios poder disponer de una panorámica de la situación internacional de las emisiones de GEI, de los resultados en el sector del Inventario realizado en el país durante todos estos años, de las acciones de mitigación que se llevan a cabo en Cuba, de cuánto se ha avanzado dentro del sector en el establecimiento de un registro nacional de carbono (Álvarez & Vargas, 2014).

Los principales estudios sobre el impacto del cambio climático en Cuba se han realizado bajo la égida de los programas de ciencia financiados por el Estado cubano. El primero de estos estudios fue concluido en el año 1999, en el marco del Programa Nacional de Ciencia “Cambios Globales y Evolución del Medio Ambiente Cubano” (1995-2012); y es considerado hoy como la primera evaluación científicamente argumentada del impacto del cambio climático en Cuba, que evaluó integralmente este complejo fenómeno.

En el citado Programa se obtuvieron importantes resultados científicos relacionados con la variabilidad de los procesos naturales y el impacto del cambio climático en la biodiversidad del país, la agricultura y los recursos hídricos; y sobre todo se estableció una rigurosa metodología de trabajo, que formó las bases del Sistema de Programas y Proyectos, con el que se financian actualmente las investigaciones científicas que dan solución a prioridades nacionales (Planos, y otros, 2018).

1.2.4 Inventario de GEI

Este se define como el reporte, delimitado para un período de tiempo y territorio específico, en el cual se establecen las cantidades de GEI emitidos directamente a la atmósfera, como resultado de actividades humanas (energía, producción agroindustrial, agricultura, desechos, entre otras) y de las absorciones por reservorios de carbono, tales como bosques o los ecosistemas marinos como los manglares. Por lo tanto, el inventario busca conocer la localización y magnitud de las fuentes emisoras, así como los tipos de contaminantes emitidos y la intensidad a la cual son emitidos (Alemán M. R., 2008).

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 (Alemán, Rodríguez, & Salcedo, 2008) (INSMET, 2021) (Gutiérrez, 2020).

1.2.5 Emisiones de GEI en la ganadería

Los principales GEI emitidos desde el sector ganadero son el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O) y el metano (CH₄). Estos gases elevaron mucho su concentración en el siglo XX. El sector ganadero es un importante emisor de GEI. La mayor contribución de N₂O se produce a partir de las excretas animales, principalmente las líquidas, mientras que el CH₄, se produce principalmente por fermentación entérica, siendo esta última la emisión de mayor significación en sistemas pecuarios. (Costantini, y otros)

1.3 Metodologías empleadas para el calcular las emisiones de GEI.

Metodología de cálculo

Las metodologías de cálculo de emisiones definen las fórmulas de cálculo y los datos de actividad y factores de emisión necesarios para determinar las emisiones totales provenientes de actividades específicas. Las ciudades deben seleccionar las metodologías más adecuadas en función de la finalidad de su inventario, la disponibilidad de los datos y la coherencia con el inventario nacional de su país y/o de

otros programas de medición y de reporte en los que participan (Ministerio para la Transición Ecológica, 2023).

Existen varias metodologías utilizadas para estimar las emisiones de GEI generadas o removidas de la atmósfera. Algunas de las metodologías más comunes incluyen:

Greenhouse Gas Protocol Corporate Standard (GHG Protocol). Desarrollado por World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales) y World Business Council for Sustainable Development (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible), es uno de los protocolos más utilizados a escala internacional para cuantificar y gestionar las emisiones de GEI.

Huella de carbono (HC): es una herramienta utilizada para medir y evaluar las emisiones de GEI asociadas con una actividad, producto o entidad específica. Sirve para cuantificar el impacto ambiental en nuestras acciones en términos de cambio climático y permite identificar oportunidades de reducción y mitigación de las emisiones.

Protocolo de Gases de Efecto Invernadero del IPCC 2006. Una completa guía para calcular GEI provenientes de diferentes fuentes y sectores, y que incluye una detallada lista de factores de emisión. Esta guía se creó con el fin de servir de orientación para cuantificar las emisiones de GEI de los inventarios nacionales, pero puede ser de gran utilidad a la hora de calcular la huella de carbono (HC) de las organizaciones. Si no se dispone de factores de emisión específicos, el IPCC 2006 GHG Workbook proporciona factores de emisión genéricos que pueden servir para calcular la HC de una organización.

Análisis del ciclo de vida (ACV): es una metodología que evalúa las emisiones de GEI a lo largo de todo el ciclo de vida del producto o actividad, desde la extracción de materias primas hasta la disposición final. Esta metodología permite identificar las etapas del ciclo de vida que generan mayores emisiones y buscar oportunidad de reducción.

1.3.1 Inventario nacional de emisiones y absorciones de GEI

Los países informan sobre sus emisiones y absorciones de GEI procedentes de todos los sectores a través de los Inventarios Nacionales de GEI (INGEI). El INGEI consiste en un listado numérico exhaustivo de la contabilización de cada uno de los GEI antropogénicos liberados hacia la atmósfera o absorbidos desde ella en un área y

período específico, que generalmente corresponde a un año calendario. El enfoque metodológico consiste en combinar información sobre la medida en que tiene lugar una actividad humana (datos de actividad), con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por unidad de actividad (factores de emisión).

Según las Directrices del IPCC, se toma el año inicial del inventario como año base a partir del cual se contabilizan las emisiones. La estimación de las emisiones de los años sucesivos genera una serie temporal, que debe ser consistente en el tiempo y en concordancia con la realidad del país. En cada reporte se recalculan las emisiones de toda la serie, en aquellas categorías de fuentes en la que se produjeron cambios en los métodos de cálculo, o se obtuvieron nuevos o mejores datos de actividad o parámetros de emisión. Esto garantiza la consistencia de la serie temporal de emisiones. Por tal razón, el último reporte que se emite contiene siempre los mejores datos de emisión disponibles hasta ese momento para toda la serie.

Estos inventarios se presentan a la CMNUCC de conformidad con los acuerdos de política internacional sobre el clima y las directrices desarrolladas por el IPCC, y siguiendo los principios de transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud. El inventario contempla los módulos de Energía, Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU), Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU), y Desechos.

El inventario permite contar con información actualizada sobre la situación a nivel global, regional y local en lo que se refiere a las emisiones y remociones de GEI. Posibilita identificar los sectores, categorías, fuentes y sumideros que tienen un mayor peso en las emisiones y remociones, o en la incertidumbre de estas, y que son a los que habrá que dedicar mayor esfuerzo y recursos en la compilación del inventario. Además, constituye una base para la ejecución de diferentes acciones en el país, como la proyección de las probables emisiones futuras y la identificación y evaluación de estrategias para su mitigación. Desempeña un papel clave para verificar el éxito o fracaso de las medidas implementadas para la mitigación de las emisiones (Vega, 2022).

1.4 Agricultura vs Efecto Invernadero

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de emisiones de GEI, que contribuyen en gran medida al calentamiento global y al cambio climático.

La agricultura es, a la vez, víctima y factor coadyuvante del cambio climático. Por un lado, las actividades agrícolas representan aproximadamente el 30 % del total de las emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente debido al uso de fertilizantes químicos, plaguicidas y desechos animales. Esa tasa seguirá aumentando como consecuencia del incremento de la demanda de alimentos por parte de una población mundial cada vez mayor, el aumento de la demanda de productos lácteos y cárnicos, y la intensificación de las prácticas agrícolas.

Por otro lado, entre los gases de efecto invernadero figuran el óxido nitroso (N_2O), el dióxido de carbono (CO_2) y el metano (CH_4), que contribuyen al cambio climático y al calentamiento global y, por tanto, tienen un enorme impacto en la sostenibilidad de los sistemas de producción agrícola. Esto todavía no tiene en cuenta las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al uso de plaguicidas, cuyo costo ambiental se desconoce en gran medida (IAEA, 2018).

1.4.1 La agricultura como fuente y sumidero

La agricultura es una fuente importante de emisiones de gases que contribuyen al efecto invernadero. Libera grandes cantidades de CO_2 a través de la combustión de biomasa, principalmente en zonas de deforestación y de pastos.

La agricultura es también responsable de casi la mitad de las emisiones de CH_4 . Aunque persiste en la atmósfera durante un tiempo más corto, el metano es aproximadamente veinte veces más potente que el CO_2 en su acción de calentamiento y, por tanto, un importante factor a corto plazo del calentamiento global. Las actuales emisiones antropogénicas anuales son del orden de 540 millones de toneladas y están creciendo a un ritmo aproximado del 5 por ciento anual.

Sólo el ganado representa aproximadamente la cuarta parte de las emisiones de CH_4 a través de la fermentación intestinal y la putrefacción de los excrementos. A medida que aumente el número de cabezas de ganado y que la producción pecuaria se haga cada vez más industrial, se prevé un aumento del estiércol del orden del 60 por ciento para 2030. Las emisiones de CH_4 procedentes del ganado aumentarán probablemente en la misma proporción.

El cultivo de arroz anegado es otra fuente agrícola importante de CH_4 , que representa aproximadamente una quinta parte del total de las emisiones antropogénicas. Se prevé que la superficie utilizada para cultivar arroz anegado aumente

aproximadamente el 10 por ciento para el año 2030. Sin embargo, las emisiones pueden crecer más lentamente, debido a que una proporción mayor de arroz se cultivará con una gestión del regadío y de los nutrientes mejor controlada y a que se podrán utilizar variedades de arroz que emitan menos CH₄.

La agricultura es una fuente fundamental de otro gas importante que contribuye al efecto invernadero: el N₂O. Este compuesto lo generan procesos naturales pero se ve aumentado por la lixiviación, la volatilización y la escorrentía de fertilizantes nitrogenados, y por la descomposición de los residuos de cultivos y residuos animales. El ganado representa aproximadamente la mitad de las emisiones antropogénicas. Se prevé que las emisiones anuales de óxido nitroso de la agricultura aumenten en un 50 por ciento para 2030 (FAO, 2018).

1.4.2 Efectos de la ganadería en el cambio climático

El cambio climático es sin duda el problema ambiental más grave al que se enfrenta actualmente el planeta y sus habitantes.

La ganadería, la producción animal en general, constituye un ámbito de gran relevancia de cara al cambio climático, como demuestra el interés mediático que ha suscitado el tema en los últimos tiempos llegando a generarse confusión y rechazo a la ganadería. La cría productiva de animales domésticos es, por un lado, una actividad emisora de gases de efecto invernadero (GEI) y, por el otro, un sector, a priori, vulnerable ante el cambio climático y necesaria para la conservación de los ecosistemas pascícolas y nuestra alimentación.

Los efectos climáticos han resultado ser especialmente intensos en las actividades agrarias. En el caso de la ganadería, el cambio climático además tiene gran relevancia para el bienestar y la salud de los animales que se crían. Por otra parte, se trata de un sector clave en la seguridad alimentaria y la producción de alimentos a escala global, del que dependen la forma de vida, los ahorros y los mecanismos de gestión del riesgo de millones de personas, así como numerosos servicios ecosistémicos y muchas economías de pequeña escala.

La ganadería, en general, contribuye a la emisión de GEI a través de las emisiones de los animales domésticos, de los consumos de energía y materiales externos y del manejo de estiércol y purines. Estas emisiones incluyen tanto el CO₂ como el CH₄ y el nitrógeno, sobre todo en forma de N₂O (Herrera, 2020).

Los informes publicados durante los últimos años por el IPCC detallan la importancia de las actividades ganaderas en el aumento de temperaturas a escala global.

Si alguien pregunta sobre la responsabilidad en las emisiones de los gases que están cambiando el clima, muy probablemente se menciona en primer lugar a los coches que queman gasolina o gas-oíl. Pero, según recordaba la FAO en el informe anteriormente mencionado, el sector ganadero genera el 18% de las emisiones de GEI, medido en su equivalente en CO₂ que el sector del transporte.

Para calcular el impacto de la ganadería en las emisiones de efecto invernadero se debe incluir no solo gases como el CH₄ procedentes de la digestión de los animales en especial de los rumiantes sino también las emisiones provocadas por el cambio del uso de la tierra en favor de la ganadería.

Para que se entienda mejor, la destrucción de grandes extensiones de bosques tropicales para crear zonas de pastos para ganado hace aumentar la concentración en la atmósfera de CO₂. Como es conocido, los bosques contienen una gran cantidad de carbono en forma de madera y cuando se destruyen los árboles este carbono pasa a la atmósfera convertido en CO₂ (Crespo, 2021).

En un interesante estudio publicado en 2015 en la revista “***Environmental Research Letters***” se explica una de las claves de esta trágica transformación de los bosques tropicales en pastos para ganado. En el período 1990-2005, el 71% de la deforestación en Argentina, Colombia, Bolivia, Brasil, Paraguay, Perú y Venezuela se debió al aumento de la demanda de pastos; el 14%, a los cultivos comerciales; y menos del 2% a la infraestructura y a la expansión urbana, explica este estudio liderado por la profesora Veronique De Sy, del Laboratorio de Geo-Información de la Universidad Wageningen, en Holanda.

La expansión de los pastos causó la pérdida de al menos un tercio de los bosques en seis de los países analizados en este estudio. La excepción fue Perú, donde el aumento de las tierras de cultivo en pequeña escala fue el factor dominante de la deforestación.

En cambio, en Argentina, la expansión de los pastos fue responsable del 45% de la deforestación, mientras que la expansión de las tierras de cultivos comerciales representó más del 43%. En Brasil, más del 80% de la deforestación se asoció a la conversión de bosques en terrenos de pastoreo.

La transformación de los bosques en zonas de pastos o en cultivos destinados a la producción de piensos para ganado también afecta gravemente a amplias zonas de África y Asia. Nadie duda, por ejemplo, que los grandes incendios registrados durante los últimos años tanto en la Amazonia como en Borneo tienen relación con los intereses de las industrias cárnicas.

En el período 2000-2010, se registró una pérdida neta de bosques de 7 millones de hectáreas anuales en los países tropicales y un aumento neto de los terrenos ocupados por los humanos de 6 millones de hectáreas al año. La mayor pérdida neta de bosques y el mayor incremento neto de terrenos agrícolas durante este período se produjeron en el grupo de países de ingresos bajos (Elcacho, 2017).

Se prevé que la producción mundial de carne se incrementará más del doble en 2050 respecto a los niveles de 1999, pasando de 229 millones de toneladas a 465 millones de toneladas en 2050. “El impacto ambiental por unidad de producción ganadera ha de reducirse a la mitad si se quiere evitar que el nivel de los daños actuales se incremente”, alerta la FAO.

Entre las principales consecuencias de la expansión ganadera se encuentra la degradación del suelo y la deforestación. “La ganadería es, con gran diferencia, la actividad humana que ocupa una mayor superficie de tierra. En total, a la producción ganadera se destina el 70 por ciento de la superficie agrícola y el 30 por ciento de la superficie terrestre del planeta”, afirma la FAO.

Por su parte, Greenpeace afirma que “el 80 por ciento de la deforestación mundial es resultado de la expansión agrícola, y la mayor parte se destina ya a alimentar animales, en lugar de personas”. En América Latina se está produciendo la deforestación más intensa: el 70 por ciento de las tierras de la Amazonia que antes eran bosques hoy han sido convertidas en pastizales y cultivos forrajeros.

Además de su papel respecto a las emisiones de CO₂, la ganadería es también responsable de algunos gases que tienen un mayor potencial de calentamiento de la atmósfera, como del 37 por ciento del metano antropógeno, que tiene un potencial de calentamiento global (PCG) 23 veces mayor que el del CO₂, y el 65 por ciento del N₂O antropógeno, cuyo PCG es 296 veces mayor que el del CO₂ y en su mayor parte proveniente del estiércol (Crespo, 2021).

1.4.3 Situación regional

Para América Latina y el Caribe (ALC), la ganadería representa una fuente de alimentos básicos que contribuye a la seguridad alimentaria de su población, y es un sector fundamental para la economía de 24 los países de la región. Esta es la región que más carne bovina y carne de ave exporta a nivel mundial. Por esta razón, tienen el nivel de emisión de GEI más alto del mundo y se estima que la región aporta más del 30% de las emisiones totales de la ganadería a nivel mundial (FAO, 2017).

En Colombia, las emisiones de la ganadería equivalieron al 13% de las emisiones totales del país en 2012 (IDEAM, 2015). Brasil tiene el mayor rebaño comercial de bovinos en el mundo. Es por ello que la fermentación entérica de esta especie ganadera es responsable de más del 73% de todo el CH₄ antropogénico que se produce en ese país. Mientras tanto, en Uruguay, donde el ganado supera en número a las personas, los factores de emisión se encuentran entre los más altos de la región (Benaouda, González, Molina, & Castelán, 2017).

En 2016, las emisiones derivadas de la ganadería en Chile fueron de 42.8 Mt de CO₂ eq (MMA, 2017), y en Argentina de alrededor de 78.6 Mt de CO₂ eq (MAyDS, 2019). En México, el sector ganadero registró en 2018 un incremento del 7 % de las emisiones con respecto a 1990, y representó la tercera fuente de emisiones en el país. Los bovinos de carne y de leche son los hatos ganaderos que más emitieron CH₄, y aunque la población de ganado porcino no es muy numerosa, las emisiones de N₂O fueron altas (Galicia, Benjamín, Munguía, Venegas, & M, 2021).

Muchos autores han hecho estimaciones locales en sus países dirigidas principalmente al ganado bovino. (Nieto, M.L., & Steinaker, 2014), estimaron las emisiones de CH₄ y N₂O en un sistema ganadero bovino en la provincia de San Luis, Argentina, con el nivel 2 de las Directrices del IPCC de 2006. Las emisiones promedio para todo el sistema fueron de 1.5 t CO₂ eq por animal al año. De este total, el 76% correspondió a las emisiones de CH₄ y el 24% a las de N₂O. Los animales que consumieron alimentos de menor calidad forrajera fueron los que emitieron mayor cantidad de CH₄ entérico a la atmósfera.

En Perú, (Alvarado, 2018) midió las emisiones de CH₄ entérico de vacas en la provincia de Jauja, para las dos estaciones del año 2017. La emisión promedio en la

estación lluviosa fue mayor que en la estación seca. Este cambio entre una estación u otra se debió al efecto de las estaciones en la disponibilidad y calidad de la pastura. (Hernández, 2020), estimó las emisiones de GEI en unidades de producción bovina en Chiapas, México, en el último semestre de 2018. Las unidades con mayor número de animales fueron en las que se obtuvieron las mayores emisiones. El gas de mayor importancia fue el CH₄ por fermentación entérica. La mayor emisión de N₂O procedió del estiércol, debido a que los productores no realizaron ninguna práctica para el aprovechamiento del mismo.

(Bonilla & Lemus, 2012), (Andeweg & Reisinger, 2013) y (FAO, 2018) coinciden en que las estrategias de mitigación de emisiones de GEI en el sector ganadero pueden orientarse a mejorar la calidad y digestibilidad del alimento, la salud animal y la crianza, su reproducción y genética y el manejo adecuado del estiércol. Una mayor digestibilidad del alimento y su contenido de energía en los sistemas de pastoreo de ganado lechero demostraron aumentar la productividad y reducir la intensidad de las emisiones de CH₄ entérico (15-20 %) y la excreción de N (20-30 %), lo que permite la reducción de emisiones a partir de estiércol (Andeweg & Reisinger, 2013).

FAO (2018) estimó que mejorando las prácticas de cría se pueden reducir las emisiones entre un 20 % y un 30 %. El mejoramiento genético de los animales podría resultar en una reducción permanente de CH₄ de alrededor del 10 %, sin impactos negativos registrados en la productividad (Andeweg & Reisinger, 2013) La captura y utilización de biogás desde estanques de estiércol proporcionan una fuente de energía rentable baja en carbono y disminuyen entre un 60 % y un 80 % las emisiones que podrían generarse del estiércol, sin su uso (Andeweg & Reisinger, 2013).

1.4.4 Situación Nacional

En cumplimiento de los compromisos ante la CMNUCC, Cuba presentó, en el marco de tres Comunicaciones Nacionales (2001, 2015 y 2020), el INGEI para los años de la serie 1990-2016 con sus actualizaciones correspondientes. A lo largo de esos años el sector de la Energía es el que más emite, seguido del sector de la Agricultura. Dentro de este último, las actividades relacionadas con la ganadería son las que realizan el mayor aporte a las emisiones brutas (sin incluir las absorciones por sumideros), con casi el 50%.

Por otra parte, la ganadería tiene especial importancia en la economía nacional y la seguridad alimentaria y nutricional de la nación. Es por ello que el país trabaja en el fomento, desarrollo, protección y recuperación de la ganadería en el país para incrementar la producción pecuaria. Pero a la vez está entre sus objetivos el desarrollo de una ganadería baja en carbono, resiliente y en armonía con el medioambiente.

En este contexto, algunos autores se dedicaron a estimar las emisiones de GEI procedentes de la ganadería en algunas localidades del país. En 2011, García evaluó las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes del ganado bovino y porcino en tres fincas de la provincia de Villa Clara. El estudio mostró que a mayor número de bovinos aumentaron las emisiones de CH₄ entérico. Las emisiones de CH₄ y N₂O por manejo del estiércol mostraron una tendencia al incremento en correspondencia con el aumento del número de cerdos. En lo anterior influyó también el peso de los animales sobre la cantidad de heces producidas (García, 2011).

(Manzano, Caraballos, & Castro, 2013), determinaron el potencial de emisión de CH₄ en la cría de búfalos en el gran humedal norte de Ciego de Ávila. Los búfalos asilvestrados en el ecosistema de humedal causaron mayores emisiones de CH₄, que incidieron directamente en la atmósfera, el suelo y vegetación de este ecosistema, por desarrollarse en sistemas de producción extensivos.

(Chávez & Hernández, 2017), calcularon el efecto de la producción ganadera en la emisión de los principales GEI en una unidad cooperativa de producción lechera en Las Tunas, en el período 2012-2016. Para ello aplicaron la herramienta GLEAM (Modelo de Evaluación Ambiental para la Ganadería Mundial) propuesta por la FAO. La producción de CH₄ a partir de la fermentación entérica del ganado representó la mayor cantidad del total de las emisiones, seguida por las del N₂O. La investigación demostró además que las actividades desarrolladas para garantizar la producción ganadera afectaban la biodiversidad de los cultivos y ejercían influencia negativa sobre los suelos.

El CH₄, que es el único de los GEI directos en el país con una tendencia al incremento en sus emisiones, estas son dominadas por la fermentación entérica del ganado. A lo largo de la serie 1990-2016, la categoría Ganadería mantuvo un comportamiento similar, ocurriendo las mayores emisiones en el año 1990 y las menores emisiones en 2005 (INSMET, 2020).

En 2016, la subcategoría Fermentación entérica fue la más representativa con el 36.2% de las emisiones brutas, contabilizando 3 664.9 kt CO₂ eq. La cifra anterior representó una disminución de un 3.3 % con respecto a 1990 y de un 1.5 % con respecto a 2014. Esta reducción se debió a la disminución en la masa ganadera en 2016, con respecto a los dos años de referencia 1990 y 2014 (INSMET, 2020).

En ese último año, las subcategorías “Fermentación entérica vacas lecheras y otros vacunos” y “Gestión del estiércol otros vacunos” resultaron categorías claves en el INGEI. Esto significa que su estimación influye significativamente sobre el inventario total de GEI del país, en cuanto al nivel absoluto, la tendencia, o la incertidumbre de las emisiones. Aunque la contribución de Cuba a las emisiones globales de GEI es mínima y no rebasa el 0.1 %, el país realiza esfuerzos importantes en la reducción de las emisiones. Ha desarrollado y financiado sistemáticamente acciones de mitigación asociadas al ahorro, el empleo de fuentes renovables de energía, la eficiencia energética y la reforestación, las que en algunos casos han tenido un papel destacado respecto a las tendencias internacionales.

En noviembre de 2015 presentó su primera NDC. En esta se definió la adaptación como la prioridad principal, debido al impacto negativo del cambio climático sobre sus ecosistemas naturales y humanos y dado el bajo nivel de emisiones de GEI en el país. No obstante, se formularon ambiciosos compromisos de mitigación, enfocados sobre todo en la expansión de las energías renovables. Al ratificar el Acuerdo de París en enero de 2017, el país se incorporó de manera formal a este Acuerdo. Con ello asumió la obligación de preparar, comunicar y actualizar con objetivos crecientes y ambiciosos sus contribuciones cada cinco años (Sosa & Bolufé, 2019).

CAPÍTULO 2: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Caracterización de la zona de estudio

2.1.1 Breve caracterización de la provincia de Cienfuegos

Ubicación geográfica de la provincia de Cienfuegos

El inventario de gases de efecto invernadero se realizó en la provincia de Cienfuegos. Esta provincia 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. Está dividida en ocho municipios (Cienfuegos, Cumanayagua, Palmira, Cruces, Lajas, Abreus, Rodas y Aguada de Pasajeros) y cuenta con una extensión territorial de 4188.61km², que representa aproximadamente el 4.0% de la superficie total del país (ONEI, 2021).

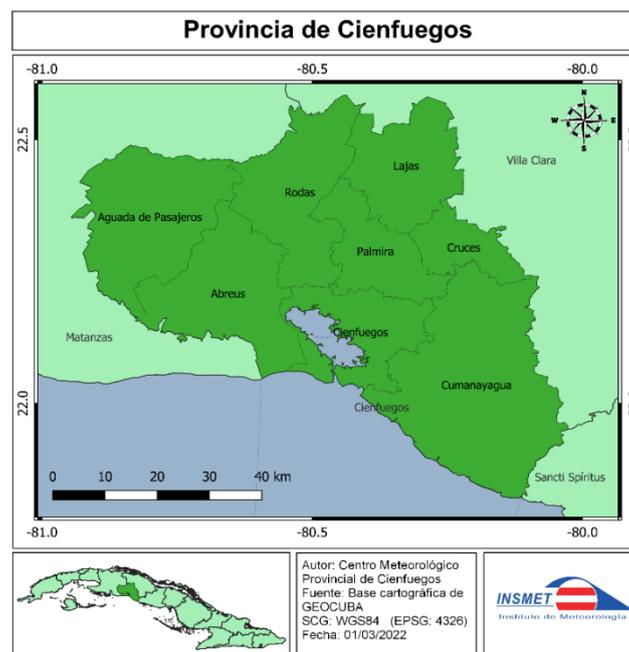


Figura 2. Mapa de ubicación del área de estudio.

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).

El municipio con mayor superficie es Cumanayagua, seguido de Aguada de Pasajeros, Abreus y Rodas. Se destacan la caña de azúcar, los cultivos varios (papa,

arroz, café, tabaco, frijol y maíz), frutales y el ganado, los cuales en conjunto ocupan en buena medida la mayor parte del área de la provincia (Tabla 2).

Tabla 2. Distribución del uso de la tierra en la provincia Cienfuegos

Superficie	Miles de hectáreas (Mha)	%
Agrícola	290.4	69.3
Cultivos Temporales	44.2	10.6
Cultivos Permanentes	90.2	21.5
Ganadería	156.0	37.2
No Agrícola	128.5	30.7
Forestal	88.3	21.1
No apta	40.2	9.6
Total	418.9	

Fuente: ONEI, 2021

En la tabla anterior se puede apreciar que el mayor porcentaje está dedicado a la ganadería (37.2%), seguido de los cultivos temporales (21.5%).

La tabla 3 muestra la distribución de la tierra y su utilización por municipios.

Tabla 3. Distribución de la tierra y su utilización por municipios.

Municipio	Total	Agrícola UM: Miles de ha				No agrícola
		Total	Cultivada	No cultivada		
				Total	De ella: Ociosa	
Cienfuegos	35.6	17.8	8.8	9.0	0.2	17.8
Cumanayagua	108.9	50.7	12.9	37.8	8.2	58.2
Palmira	31.0	27.7	14.6	13.1	3.1	3.3
Cruces	19.3	16.3	10.0	6.3	0.6	3.0
Lajas	43.3	36.4	26.5	9.9	3.3	6.9
Rodas	57.3	47.3	25.8	21.5	4.2	10.0
Abreus	57.9	41.9	16.8	25.1	9.2	16.0
Aguada de Pasajeros	65.6	52.3	19.0	33.3	6.1	13.3
Total	418.9	290.4	134.4	156.0	34.9	128.5

Fuente: ONEI, 2021

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.

2.2 Metodología empleada

El Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) se realizó utilizando la metodología establecida en las Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de emisiones y absorciones de GEI, que incluyen todas las fuentes emisoras evaluadas a través de diferentes módulos (IPCC, 2006).

Entre los aspectos que hacen de estas metodologías una herramienta valiosa se encuentran: poseen un estándar internacionalmente reconocido, rigor científico, enfoque integral, pueden ser aplicables a diferentes contextos, permite la actualización y mejora continua, permiten trazar proyecciones y compromisos de reducción futura de la emisión de GEI, y conforman una base de datos integrada para la gestión medioambiental que puede utilizar cada territorio para diseñar su política en esta materia. Además, constituye una herramienta para verificar el cumplimiento de los objetivos fijados en planes anteriores, y sensibiliza a todos respecto a la contaminación del medio ambiente (Alemán et al., 2008).

El sector en el que se trabajó en esta investigación fue el sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (*AFOLU Agriculture, Forestry and Other Land Use*, siglas que corresponden al término en inglés), específicamente en el subsector Agricultura y dentro de este la categoría 3A Ganadería.

Para la elaboración de este inventario de gases de efecto invernadero se definieron los siguientes aspectos: límite del reporte, período de tiempo, y fuentes de emisión cubiertas por el inventario.

Límite del reporte: se describieron los siguientes aspectos: nombre de la provincia, límites geográficos, área que ocupa, población residente, clima, actividad agrícola y otras informaciones, entre ellas longitud, latitud y altitud sobre el nivel del mar.

Período de tiempo: se consideró en el estudio 11 años de análisis, constituyendo el 2010 el año base y el 2020 el año actual.

Gases de efecto invernadero: los gases analizados fueron CH₄ y N₂O.

Fuentes de emisión cubiertas por el inventario: las fuentes de emisión analizadas en el reporte correspondieron a la ganadería.

En este estudio solamente se analizaron las emisiones de GEI correspondiente a la ganadería (categoría 3A). Las actividades comprendidas dentro de esta categoría, de

acuerdo a las Directrices del IPCC de 2006, corresponden a fermentación entérica y gestión del estiércol las que generan emisiones de GEI CH₄ y N₂O.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de datos de actividad, la información sobre los factores de emisión y parámetros necesarios para las estimaciones, se aplicaron métodos de Nivel 1 y 2.

Los métodos de estimación son:

- ✓ **Método de Nivel 1:** Es el “método por defecto”, la instancia metodológica más simple, aplicable cuando no se cuenta con DA propios o FE específicos del país. Si bien el método Nivel 1 permite hacer el cálculo, tiene el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas.
- ✓ **Método de Nivel 2:** Se basa en el mismo procedimiento metodológico del Nivel 1, pero con FE o DA paramétricos propios del país o de una región. En estas circunstancias, es altamente probable que las estimaciones de absorciones y emisiones de GEI sean más precisas, por lo cual esta opción debiera aplicarse a las categorías principales.

Para estimar las emisiones en cada proceso se utilizó la ecuación base del IPCC, (2006) que se muestra a continuación:

Ecuación 1. Método de cálculo de las emisiones de GEI.

$$\text{Emisiones} = \text{DA} \times \text{FE}$$

Donde:

Emisiones - Emisión del proceso (Gg del GEI)

DA - Datos de actividad del proceso en el sector

FE - Factor de emisión asociado con un gas por unidad de actividad

Tras estimar las emisiones de cada GEI en las diversas fuentes, se reportan los valores de GEI expresados en CO₂ equivalente (CO₂ eq). El CO_{2eq} es una unidad de medición universal que explica el potencial de calentamiento global (PCG) cuando se mide y compara las emisiones de GEI de diferentes gases. Se utilizan los Potenciales de Calentamiento Global (PCG o GWP, en inglés), proporcionados por el IPCC en su Segundo Informe de Evaluación de 1995 (SAR, en inglés), que se basan en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de cien años. La tabla 4 muestra los PCG para los GEI estimados en el Inventario.

Tabla 4. Potencial de calentamiento global de los GEI utilizados en el estudio.

Gas	PCG
Dióxido de carbono (CO ₂)	1
Metano (CH ₄)	21
Óxido nitroso (N ₂ O)	310

Fuente: Segundo Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 1995)

Para expresar todas las emisiones de cada uno de los GEI directos en emisiones de CO₂ equivalente (CO_{2eq}) se utiliza la siguiente ecuación de conversión.

Ecuación 2. Conversión de CH₄ y NO₂ a CO_{2eq}

Emisiones CO_{2eq} = Emisiones CO₂ + Emisiones CH₄ * 21 + Emisiones N₂O * 310

La metodología aplicada para estimar las emisiones en la categoría 3A Ganadería de está detallada en el Volumen 4 de las Directrices del IPCC 2006.

Los **datos de actividad** (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.

La recolección de datos constituyó una etapa clave en el desarrollo del inventario de GEI. Los datos de actividad 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

Las claves de notación utilizadas en el estudio se muestran en el anexo 1, las que se hacen acompañar de una explicación que justifique exclusiones o inclusiones parciales.

El Anexo 2 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 ganadero.

Los DA fueron recopilados para el periodo 2010-2020 y desglosados por los municipios de la provincia de Cienfuegos.

Los **factores de emisión (FE)** son coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones de un gas por los datos de la unidad de actividad. Los FE 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.

2.2.1 Emisiones provenientes de la ganadería

En esta categoría se tratan las emisiones de CH₄ y N₂O 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 CH₄ 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 CH₄),
- La Gestión del estiércol (emisiones de CH₄ y N₂O)

2.2.1.1 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 CH₄ como subproducto. La cantidad de CH₄ 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 (IPCC, 2006).

Para estimar las emisiones de CH₄ correspondiente a este proceso se utilizaron métodos de nivel 1 y 2. Se utilizaron las ecuaciones de cálculo 3 y 4 (basada en la ecuación 10.19 y 10.20 de las directrices del IPCC 2006) que se muestran a continuación:

Ecuación 3: Emisiones de CH₄ provenientes de la Fermentación entérica

$$Emisiones CH_4 = EF_T \times \left(\frac{N_T}{10^6} \right)$$

Donde:

CH₄ = Emisiones de metano (CH₄) en Gg CH₄ año⁻¹

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

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

T = especie/categoría de ganado

Ecuación 4: Emisiones totales de CH₄ provenientes de la Fermentación entérica

$$Total\ CH_4\ Entérica = \sum_i E_i$$

Donde:

Total CH₄ Entérica = Emisiones totales de metano por Fermentación entérica (Gg año⁻¹)

E_i = Emisiones de las ith categorías y subcategorías de ganado

Datos de actividad

Para este estudio no se distribuyeron los animales según diferentes regiones climáticas, considerándose que los mismos estaban sometidos a un clima cálido en toda la provincia, al no ser ostensibles las diferencias acordes a la clasificación establecidas por el IPCC (2006).

La estimación de las emisiones de CH₄ procedentes de la Fermentación entérica requirió de la definición de todas las especies y subcategorías de ganado doméstico. Para ello se identificaron las especies comprendidas en varias categorías de fuentes, ellas fueron:

- ganado vacuno (vacas lecheras, vacas, terneras, añojas, novillas, terneros, añojos, toretes, toros de ceba, bueyes y sementales),
- búfalos,
- ovinos (ovejas),
- caprinos (cabras),
- equinos (caballos),
- mulas y asnos,
- porcinos.

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 especies: vacas en ordeño, vacas, terneros, añojos, toros de ceba, búfalos, ovinos, caprinos y equinos, siendo los años 2014 y 2020 los que presentaron las mayores diferencias.

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).

En la Figura 2 se muestra de forma resumida el comportamiento de estas poblaciones por años en el inventario.

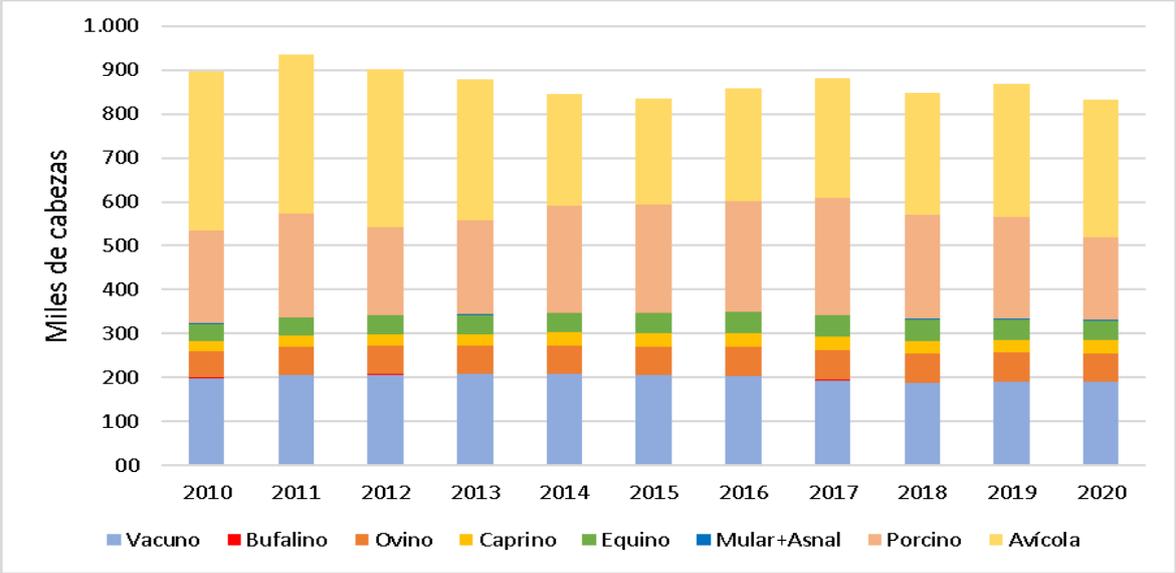


Figura 2. Comportamiento de la población animal en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 – 2020. Fuente: Delegación Provincial de la Agricultura y ONEI, 2015 y ONEI, 2020.

Selección de parámetros y factores de emisión

La estimación de las emisiones provenientes de la fermentación entérica para la ganadería bovina de carne y leche se realizó utilizando el método Nivel 2 de la metodología IPCC 2006, por tratarse de categorías de fuentes principales en el inventario nacional. Para ello se utilizaron los factores de Emisión (kg de CH₄, por cabeza, por año) específicos del país aplicados en la TCN a la CMNUCC.

Para el ganado no vacuno (bufalino, ovino, caprino, equino, mular, asnal y porcino) se utilizaron FE por defecto (método Nivel 1) publicados en el Cuadro 10.10 de la metodología 2006 del IPCC. En los casos en los que el IPCC incluye datos diferenciados para países en desarrollo o países desarrollados (por ejemplo, ovinos y

porcinos), se han seleccionados los valores correspondientes a países en desarrollo, decisión que se mantiene para ambas subcategorías de este inventario (Anexo 3).

2.2.1.2 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 CH₄ producidas por la descomposición del estiércol, como las de N₂O 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.

Emisiones de CH₄ provenientes de la gestión del estiércol (3.A.2)

El CH₄ es un subproducto de la descomposición del estiércol en condiciones anaeróbicas (en ausencia de oxígeno) durante su almacenamiento y tratamiento, condiciones fundamentalmente que se ven favorecidas cuando se gestionan grandes cantidades de animales en superficies confinadas y con eliminación del estiércol en sistemas basados en líquidos. Bajo esta subcategoría se estiman las emisiones de CH₄ producidas durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol.

Las mayores emisiones de gas CH₄ proceden del ganado vacuno y del porcino. Este CH₄ es producido por la descomposición del estiércol en condiciones anaerobias y la cantidad de este que es emitido a la atmósfera depende de varios factores tales como: la población animal, el promedio diario de sólidos volátiles excretados, la producción potencial de metano del estiércol y del sistema de manejo del estiércol (SME) utilizado (almacenamiento sólido, esparcido diario, lagunas anaeróbicas, como combustible, sistema líquido, etc.).

Las emisiones de CH₄ provenientes de la gestión del estiércol fueron estimadas siguiendo los lineamientos desarrollados en el Capítulo 10 de las directrices IPCC (2006). Para estimar las emisiones de metano por Gestión del Estiércol del ganado se utilizaron métodos de nivel 1. Este requiere los datos de la población de ganado por especie/categoría animal y del clima de la región o la temperatura, en combinación con los factores de emisión por defecto del IPCC (2006).

Se utilizó la ecuación 5 (basada en la ecuación 10.22 de las directrices del IPCC (2006)) para estimar las emisiones de CH₄ derivadas de la Gestión del estiércol, la

cual se muestra a continuación:

Ecuación 5: Emisiones de metano (CH₄) en Gg CH₄ año⁻¹

$$CH_{4\text{ Estiércol}} = \sum_T \frac{(FE_T * N_T)}{10^6}$$

Donde:

CH₄_{Estiércol} = Emisiones de CH₄ por la gestión del estiércol, para una población de ganado definida (Gg CH₄/año)

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

EF_(T) = Factor de emisión para la población de ganado definida (kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹)

T = Especie/categoría de ganado

Datos de actividad

Para estimar las emisiones de CH₄ procedentes de la Gestión del estiércol fue utilizada la misma existencia anual de animales por especies para el periodo 2010 – 2020 que para la Fermentación entérica, pero en esta ocasión sí fueron consideradas las gallinas ponedoras dado que constituyen una población considerable cuyas excretas al igual que la de los herbívoros, se manejan con distintos objetivos (producción de abonos y alimento animal, etc.).

Selección de parámetros y factores de emisión

El país no dispone de factores de emisión propios para estimar las emisiones de metano provenientes de la Gestión del estiércol, por lo que los FE para el CH₄ fueron seleccionados por defecto de las directrices del IPCC, 2006. Para el caso del ganado porcino y bufalino se obtuvieron de la Tabla 10.14 para países en desarrollo (América Latina) y temperatura promedio anual cálida (>25°C), para las otras especies de ganado se utilizaron los FE para países en desarrollo y temperatura promedio anual cálida (>25 °C) de la Tabla 10.15 de las Directrices del IPCC (2006) (Anexo 4).

Emisiones de N₂O procedentes del Manejo del Estiércol (3.A.2)

La Gestión del estiércol del ganado produce emisiones directas de N₂O a través de la nitrificación y desnitrificación del Nitrógeno (N) contenido en las excretas animales, e indirectamente a través de (i) las pérdidas de nitrógeno volátil, y (ii) de procesos de lixiviación y escurrimiento a los suelos. La disponibilidad de N en las excretas es uno de los principales factores de control de estas emisiones, y es por lo que la metodología IPCC (2006) para la estimación de N₂O proveniente de la Gestión de estiércol está basada en la cantidad anual de N excretada por los animales.

En esta categoría, se estima el N₂O producido durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol, antes de que se aplique a la tierra o se utilice con fines alimentarios, como combustible o para la construcción. Estas emisiones proceden del nitrógeno contenido en el estiércol excretado por los animales y dependen del contenido de nitrógeno y carbono del estiércol, y de la duración del almacenamiento y el tipo de tratamiento.

En la presente categoría resulta fundamental conocer las especies de ganado en las que se gestiona el estiércol, el sistema de gestión utilizado y en qué proporción. Los sistemas de manejo del estiércol que se utilizan en la provincia son:

- las lagunas anaeróbicas,
- el sistema líquido,
- el almacenamiento sólido,
- biodigestores anaeróbicos,
- la deposición directa en praderas y pastizales.

El sistema líquido fue considerado a partir de que las excretas de los animales estabulados (especialmente cerdos y aves), son eliminadas mediante la limpieza con agua. El almacenamiento de sólidos fue considerado para el ganado vacuno y las aves de corral. Ambas excretas son utilizadas para elaborar biofertilizantes. Por último la deposición directa sobre los suelos gestionados es el sistema de manejo que más contribuye a estas emisiones de N₂O y no se reportaron en esta subcategoría sino en las subcategorías 3.C.4 Emisiones directas de N₂O en suelos gestionados y 3.C.5 Emisiones indirectas de N₂O en suelos gestionados.

Para la estimación de las emisiones de N₂O por Gestión de Estiércol se utilizó el método de Nivel 1. Se utilizaron las ecuaciones 6 y 7 (basada en las ecuaciones 10.25 y 10.30 de las directrices del IPCC, 2006) para estimar las emisiones de N₂O derivadas del manejo del estiércol, la cual se muestra a continuación:

Ecuación 6: Emisiones de N₂O en Gg N₂O año⁻¹

$$N_2O_{D(mm)} = \left[\sum_S \left[\sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Donde:

N₂O_{D(mm)} = emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol del país, kg N₂O año⁻¹

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

Nex_(T) = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T en el país, kg N animal⁻¹año⁻¹

$MS_{(T,S)}$ = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

$EF_{3(S)}$ = factor de emisión para emisiones directas de N_2O del sistema de gestión del estiércol S en el país, $kg\ N_2O-N/kg\ N$ en el sistema de gestión del estiércol S

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

44/28 = conversión de emisiones de $(N_2O-N)_{(mm)}$ a emisiones de $N_2O_{(mm)}$

Ecuación 7: Tasas de excreción anual de N

$$N_{ex(T)} = N_{indice(T)} \cdot \frac{TAM}{1000} \cdot 365$$

Donde:

$N_{ex(T)}$ = Excreción de N anual para la categoría de ganado T , kg de N por animal por año

$N_{indice(T)}$ = Tasa de excreción de N predeterminada, kg de N por 1000 kg de animal por día

$TAM_{(T)}$ = Masa típica por animal de la categoría de ganado T , kg por animal

Datos de actividad

Los datos de actividad utilizados en esta categoría fueron los mismos que se utilizaron para la Fermentación entérica para el periodo 2010 – 2020.

Selección de parámetros y factores de emisión

Para todas las especies animales, la estimación de N_2O requirió los siguientes datos paramétricos:

- La Taza de Excreción de Nitrógeno por Defecto $N_{(rate)}$,
- Masa típica por animal por tipo de ganado y categoría (TAM),
- Fracción del total de nitrógeno por excreción manejado en el SME por cada especie/categoría de ganado.

Teniendo en cuenta que no se disponen de parámetros de emisión específicos del país, para el cálculo de las emisiones, se utilizaron los valores por defecto para estos parámetros recomendados en las directrices del IPCC 2006 (IPCC, 2006).

Para el cálculo del Nitrógeno Excretado (N_{ex}) en las diferentes categorías o especies de animales, se utilizan los valores por defecto para la Tasa de excreción (N_{rate}), por cabeza de animal seleccionados de las Directrices del IPCC 2006, específicamente para América Latina (Volumen 4, Cuadro 10.19). En el caso de la Masa Típica del animal por categoría de Ganado (TAM) los pesos típicos, en kg , para todo el ganado fueron tomados de las tablas 10 A-5 - a la Tabla 10 A-9 considerando como temperatura promedio anual mayor que $26\ ^\circ C$ (Anexo 5).

Para la distribución de la población de ganado de acuerdo con los diferentes sistemas de manejo que se utilizan en la provincia, se siguieron las recomendaciones y criterios de expertos de la Delegación Provincial de la Agricultura dándole un porciento a cada tipo de ganado (Anexo 6).

Los FE fueron seleccionados por defecto de las Directrices del IPCC 2006 según el Sistema de manejo del estiércol se muestran en el Anexo 7.

2.3 Control de la calidad y garantía de calidad

Para el control de calidad en el inventario realizado al sector ganadero se aplicaron procedimientos generales y específicos que establecen las Directrices del IPCC (2006).

En los procedimientos generales se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: Documentación, Revisión y verificación y Uso de datos confiables. En el Anexo 8 se detallan estos procedimientos.

Como parte del proceso de garantía de calidad en la estimación de emisiones de GEI en el sector ganadero se implementaron un grupo de acciones teniendo en cuenta los siguientes aspectos: Capacitación y formación; Cumplir con los indicadores de calidad establecidos para el inventario y Comunicación y divulgación (Anexo 9).

2.4 Propuesta de medidas de mitigación y adaptación

Las medidas propuestas fueron diseñadas siguiendo la metodología establecida por la CMNUCC, 2008 para definir medidas de mitigación y adaptación en la agricultura (UNFCCC, 2008) y adaptadas a las circunstancias y condiciones de la provincia Cienfuegos. Esta metodología tiene como objetivo ayudar a los países a identificar y desarrollar estrategias efectivas para abordar los desafíos y oportunidades que el cambio climático plantea para la agricultura. Esta metodología se basa en tres etapas:

1. Evaluación de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación.
2. Identificación y evaluación de opciones de mitigación y adaptación.
3. Desarrollo e implementación de planes de acción.

Para cada una de estas etapas fueron definidas las medidas de mitigación y adaptación para reducir las emisiones de GEI en la ganadería en la provincia de Cienfuegos.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Comportamiento de la población ganadera en Cienfuegos

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 (Galicia, Benjamín, Munguía, Venegas, & Ordóñez, 2021), se realizó un análisis de su comportamiento. Las cifras de las diferentes poblaciones de ganado en Cienfuegos para el período 2010-2020 se muestran en el Anexo 10.

En el periodo estudiado 2010 – 2020 la provincia inició con 897,138 cabezas de ganado y concluyó el 2020 con 831,650 cabezas de ganado para un 7.3% de reducción. En 2020 las gallinas ponedoras representaron el 37.5%, seguidas del ganado vacuno con el 22.8% y el ganado porcino con el 22.7% del total del ganado analizado.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la población de ganado vacuno en Cienfuegos. Se evidencia una reducción de la masa ganadera vacuna al final de la serie de 4.3%. Con excepción de las vacas, novillas y toros de ceba que crecen al final de la serie, el resto de la masa ganadera vacuna decrece.

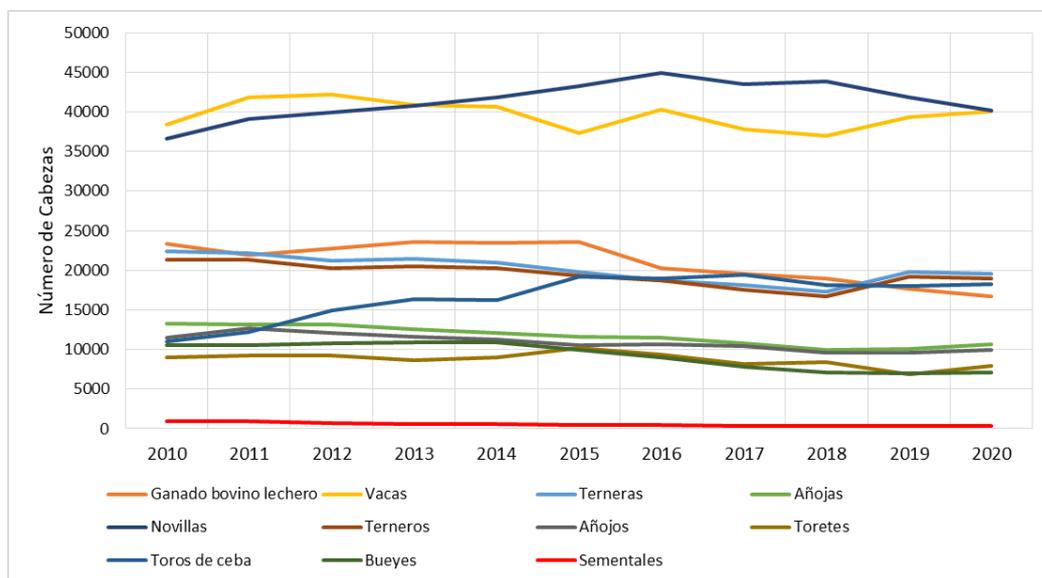


Figura 3. Población de ganado vacuno (número de cabezas). Serie 2010 – 2020.

Fuente: Delegación Provincial de la Agricultura (2022)

Las restantes poblaciones de ganado se presentan en la Figura 4. El ganado equino, ovino y caprino aumentó entre 2010 y 2020. Por el contrario, el ganado bufalino, mular, asnal, porcino y avícola mostraron una tendencia a la disminución entre 2010 y 2020.

El ganado bufalino y mular y asnal estuvo poco representativos en la serie con valores inferiores a las 1,790 y 1,000 cabezas respectivamente. Mostrando una tendencia a la disminución en toda la serie. El ganado porcino, mostró una tendencia al aumento de 2010 a 2017 (la mayor cifra de cerdos, con 266,864 cabezas para un 26.06% más que en 2010) para luego disminuir un 10.9% con respecto al 2010. Las causas de esta disminución se atribuyen a la disminución de las importaciones de materias primas para la elaboración de piensos y al cierre de los contratos de los productores particulares de carne porcina, etc. Las gallinas ponedoras mostraron una disminución entre 2010 y 2020 de un 13.9%. Esta disminución de la masa estuvo asociada, igual que en el caso anterior a la disminución en la importación de materias primas para la elaboración de piensos para su alimentación.

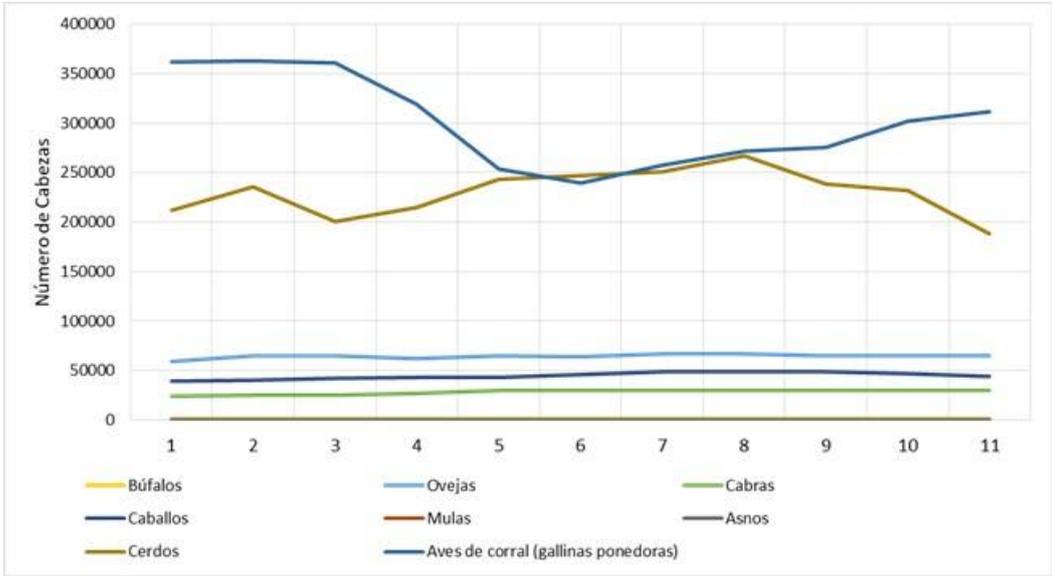


Figura 4. Población de ganado no vacuno (número de cabezas) en el período 2010 – 2020. Fuente: Delegación Provincial de la Agricultura (2022)

3.2 Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero en el Sector Ganadero

En las emisiones de GEI del subsector Ganadero en la provincia Cienfuegos contribuyeron la fermentación entérica y la gestión del estiércol.

3.2.1 Fermentación entérica del ganado

En las Figuras de la 5 a la 8, se muestra el resumen de las emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica en el ganado doméstico para la provincia de Cienfuegos en el período 2010-2020.

Para el año 2020, las emisiones de metano generadas por la Fermentación entérica fueron de 8.05 Gg CH₄ que equivalen a 169.04 Gg CO₂eq, representando el 87.8% de las emisiones del sector y disminuyendo en un 2.6 % con respecto al 2010 (Tabla 8 y Figura 5). En el período analizado se aprecia que las emisiones de CH₄ alcanzan un máximo en el año 2014 con 184.7 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.

Tabla 8. Emisiones anuales de CH₄ (Gg CO₂eq) por Fermentación entérica (3.A) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

Emisiones	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CH₄	173.53	179.99	182.89	184.13	184.69	183.56	183.38	177.03	171.65	170.72	169.04

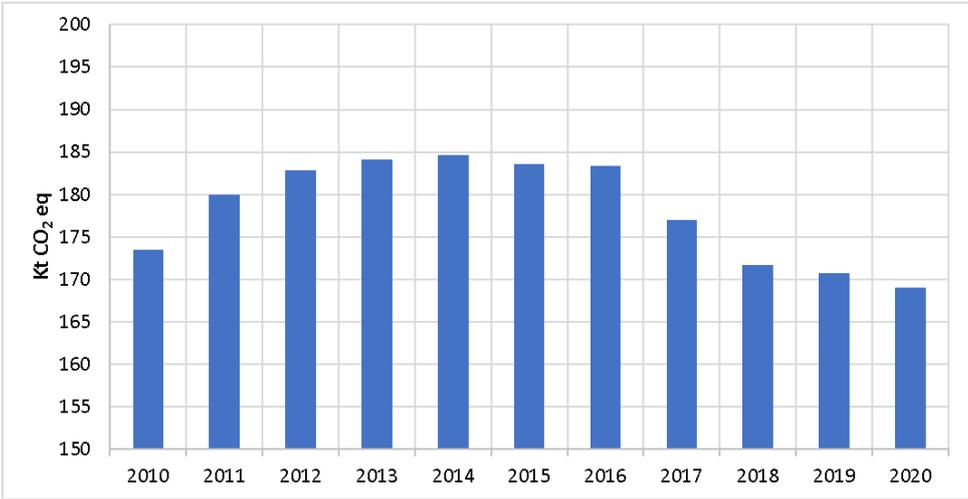


Figura 5. Emisiones de CH₄ (Gg CO₂ eq) procedentes de la Fermentación Entérica (3.A.1) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

Al analizar las emisiones por componente animal (Figura 6), se pudo observar 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 80.8 % de las emisiones en el 2020. Similares resultados son presentados en la provincia de Matanzas en Cuba por Alemán et al. (2008) y en las provincias de Río Negro, Santa Fe, y Buenos Aires en Argentina (Girardin, Di Sbroiavacca, Nadal, & Sagardoy, 2019); (Dawidowski, 2017)

(FCEIA, 20219); Medellín en Colombia (Quinceno, Pulido, Pérez, & Rodríguez, 2021), en Navarra en España (Factor CO₂, 2018).

El ganado equino aportó entre el 8 y 10 % en todo el período. 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 menos del 1 % en todo el período.

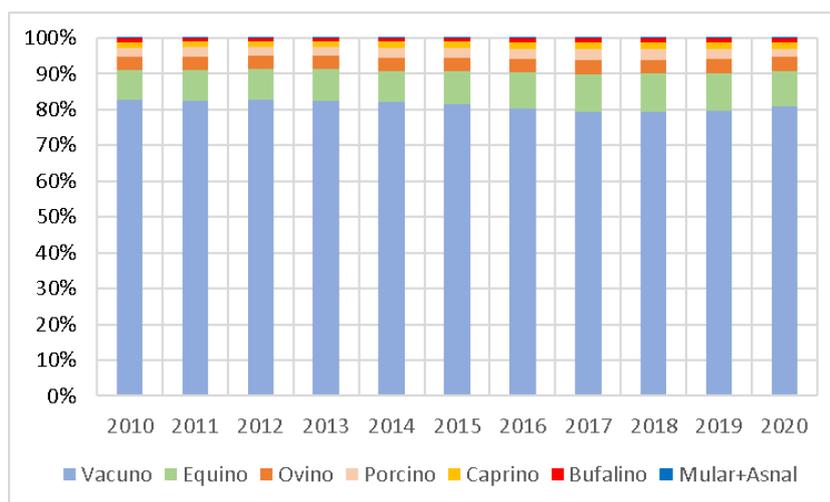


Figura 6. Emisiones de CH₄ (%) por componente animal de la subcategoría Fermentación entérica (3.A.1). Provincia de Cienfuegos. Período 2010-2020.

La Figura 7 indica que el ganado vacuno, principalmente el no-lechero (66.23% en 2010 y 68.72% en 2020 de las emisiones), justificó la mayor parte de las emisiones de la categoría, con una importancia relativa fluctuante entre 80% y 83%.

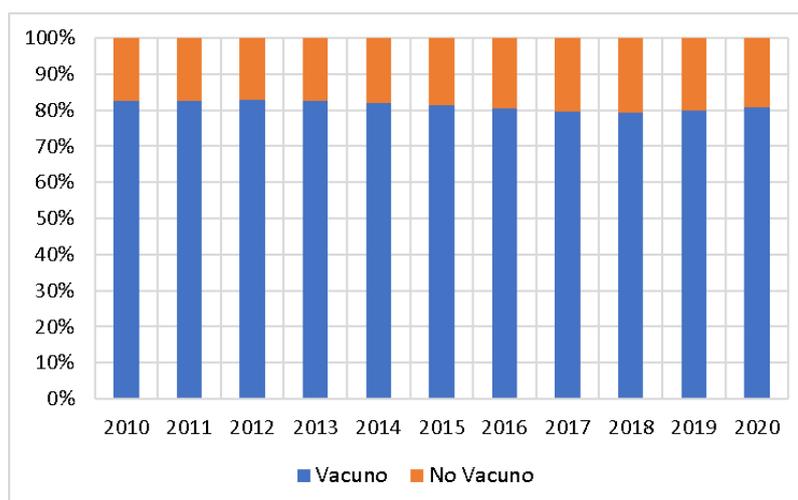


Figura 7. Comportamiento de las emisiones de metano por Fermentación Entérica (3.A.1) en porciento procedentes del ganado vacuno y no vacuno. Provincia Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

En la Figura 8 se observa la contribución que cada municipio hace al total de las emisiones de la subcategoría en la provincia, siendo los municipios de Cumanayagua, Rodas, Aguada de Pasajeros y Abreus los que más aportan al total con 19.6%, 18.8%, 16.2% y 12.56 %, respectivamente. Estos cuatro municipios emiten por fermentación entérica 113.5 Gg CO₂eq lo que representa el 67.1% del total de emisiones de esa subcategoría. Esto se debe a concentran la mayor cantidad de ganado bovino de la provincia.

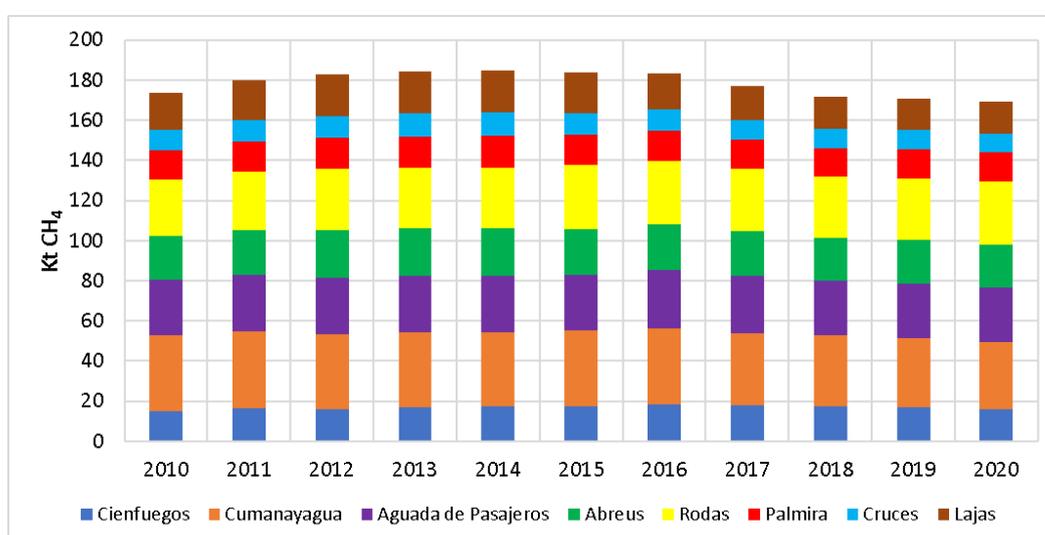


Figura 8. Emisiones de CH₄ (Gg CO₂eq) por municipio procedentes de la Fermentación Entérica del ganado (3.A.1). Serie 2010 – 2020.

Exhaustividad

Los datos utilizados, acerca de la población de ganado, cubren las principales categorías y tipos de animales del ganado doméstico existentes en la provincia de Cienfuegos.

3.2.2 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 9 y Tabla 9). En el 2020 las emisiones fueron de 23.4 Gg de CO₂ eq lo que representa un 12.2% del total de emisiones.

Tabla 91. Emisiones de GEI (Gg CO₂eq) por Gestión del estiércol en la provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

Emisiones	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CH₄	15.95	17.12	15.79	16.51	17.66	17.86	18.06	18.56	17.19	16.88	14.92
N₂O	9.21	9.61	9.35	9.49	9.66	9.60	9.52	9.40	8.91	8.94	8.51
Total	25.16	26.74	25.14	25.99	27.31	27.45	27.57	27.96	26.11	25.82	23.43

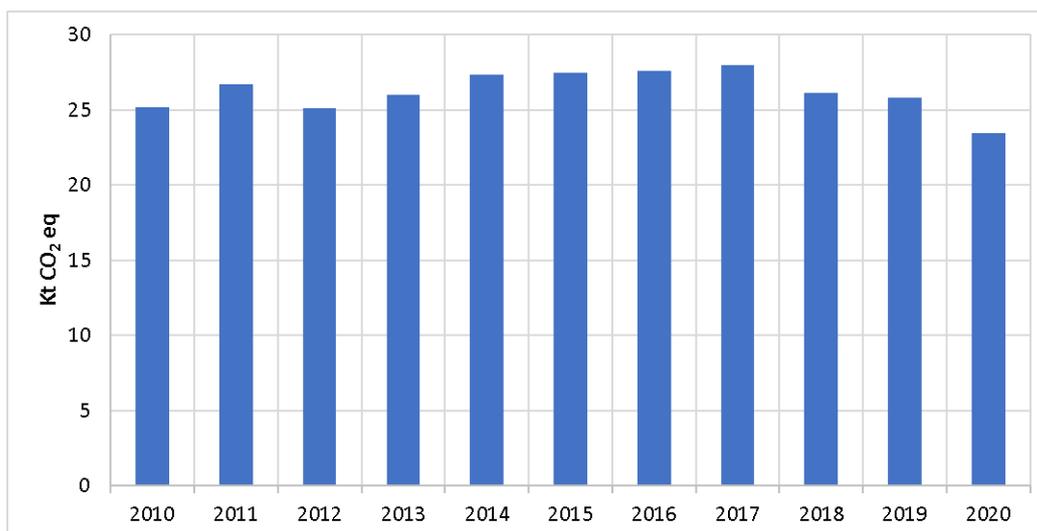


Figura 9. Emisiones de CO₂ eq (Gg CO₂ eq) procedentes de la Gestión del Estiércol (3.A.2) en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

El mayor porcentaje de las emisiones correspondió al metano, representando más del 60 % en todo el período (Figura 10). En el año 2020 en la provincia se emitieron 0.71 Gg de CH₄ que representan 14.9 Gg de CO₂ eq. Los principales factores que inciden en las emisiones de CH₄ son: (i) la cantidad de estiércol que produce el ganado vacuno, (II) la población de los animales, (iii) así como, el método que se aplica para manejar el estiércol.

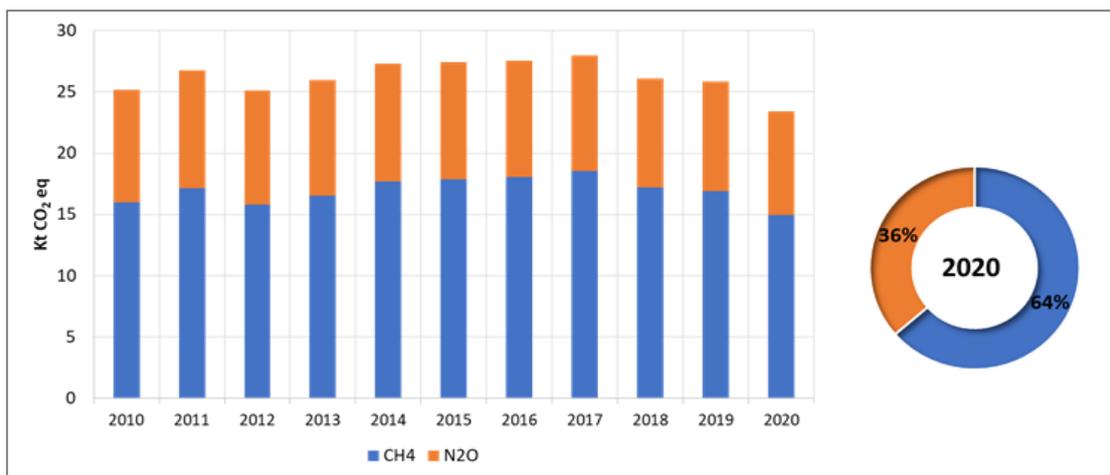


Figura 10. Emisiones de CO₂ eq (Gg CO₂ eq) por tipo de gases procedentes de la Gestión del Estiércol (3.A.2) en la Provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

En cambio, las emisiones de N₂O representaron el menor aporte en esta subcategoría. En el 2020 se emitieron 0.03 Gg de N₂O que representan 8.51 Gg de CO₂ eq (Tabla 9). En este caso el N₂O se produce durante el almacenamiento y el tratamiento del estiércol antes de que éste sea aplicado a la tierra.

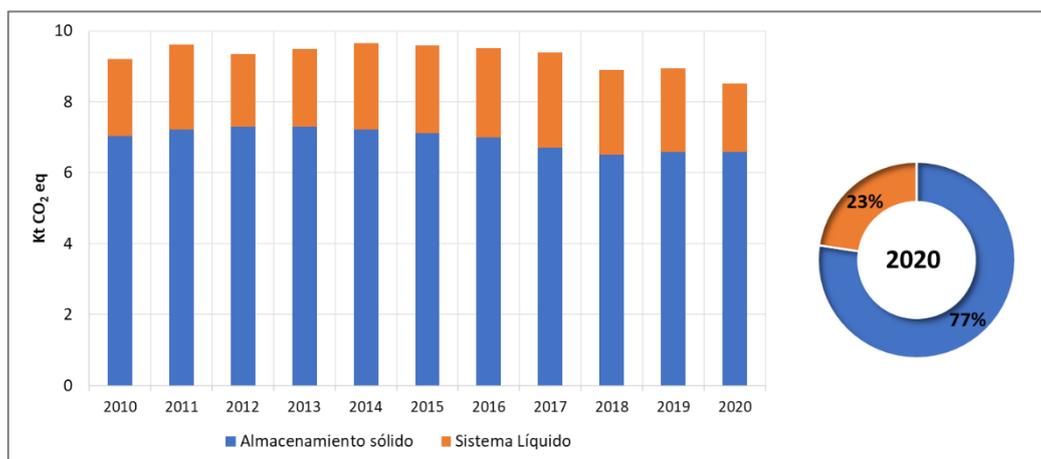


Figura 21. Emisiones de N₂O (Gg CO₂ eq) por sistema de Gestión del Estiércol en la Provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

Los mayores aportes de N₂O se produjeron por el almacenamiento sólido de estiércol con más del 75 % de las emisiones de este gas en todo el período (Figura 11).

Con relación a los componentes, las mayores emisiones las aportó el ganado bovino con el 45%, seguido del ganado porcino con 42 % y el equino con un 9 %. Las mulas, asnos, ovejas, cabras, aves y búfalos constituyeron las especies menos emisoras con menos del 5 % (Figura 12).

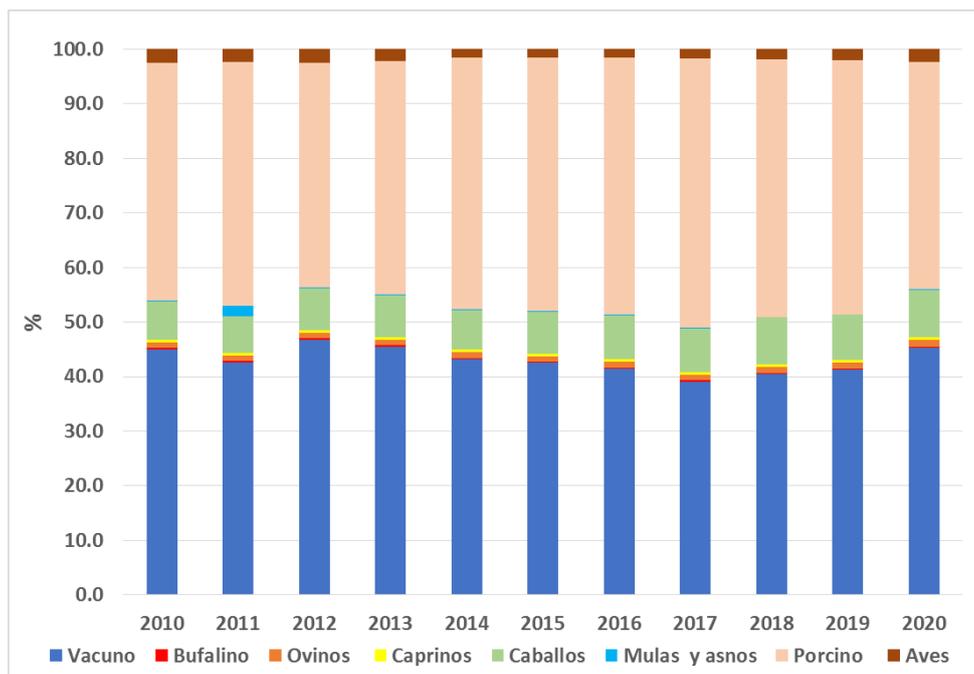


Figura 32. Emisiones de CO₂eq (Gg CO₂eq) por componente animal procedentes de la subcategoría Gestión del Estiércol (3.A.2) Provincia de Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

La Figura 13 muestra 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 CO₂eq 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.

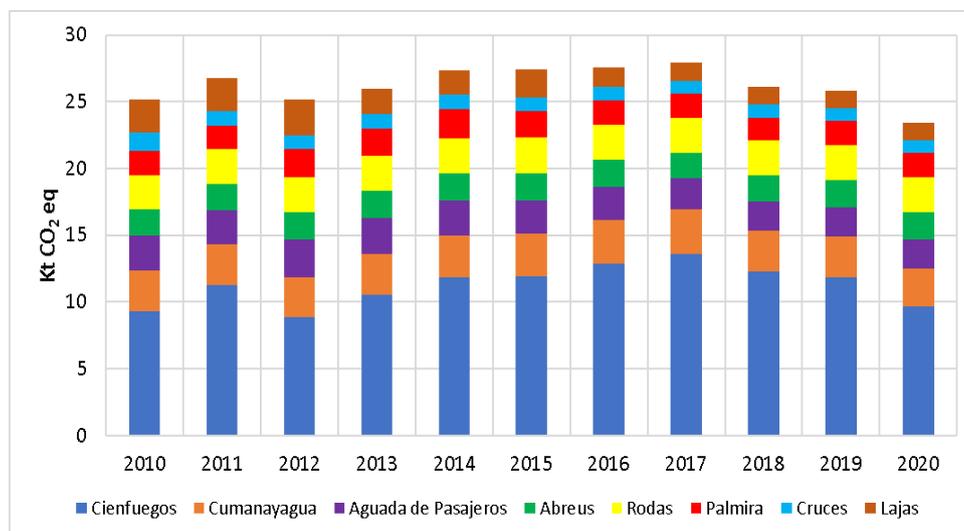


Figura 43. Emisiones de CO₂ eq (Gg CO₂eq) por municipio procedentes de la Gestión del Estiércol (3.A.2) en la Provincia Cienfuegos. Serie 2010 - 2020.

Exhaustividad

Tanto para las emisiones de metano como óxido nitroso procedentes de la Gestión del estiércol los datos utilizados, acerca de la población de ganado, cubrieron las principales categorías y tipos de animales del ganado doméstico existentes en la provincia.

La estimación de las emisiones de N₂O tuvo en cuenta los diferentes SME que se utilizan en la provincia para las especies y categorías de ganado consideradas en el inventario.

3.3 Resumen de las emisiones GEI de la provincia de Cienfuegos en el sector Ganadero

Las emisiones de GEI de la provincia de Cienfuegos en el sector ganadero mostraron una tendencia a la disminución el período estudiado. En todos los años se mantuvieron por encima de los 195.0 Gg CO₂ eq, excepto en el 2020 que fueron de 192.5 Gg CO₂ eq (Figura 14). Este comportamiento de las emisiones se debió a la disminución de la masa ganadera desde inicios del período analizado.

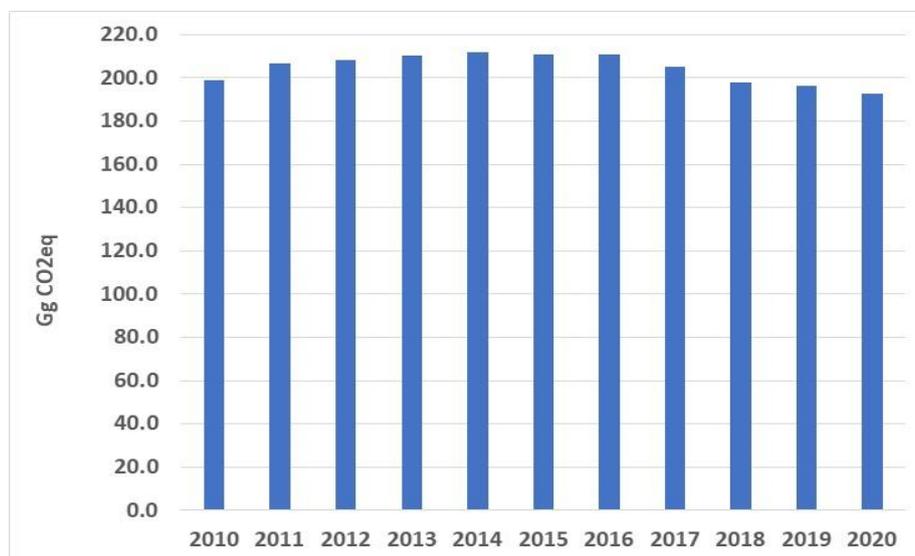


Figura 14. Emisiones de GEI (Gg CO₂ eq) del sector ganadero en la provincia de Cienfuegos. Serie 2010-2020.

Como puede observarse en la Tabla 10, las mayores emisiones corresponden al CH₄ emitido por el ganado doméstico, fundamentalmente el procedente de la fermentación entérica.

Tabla 10. Resumen de las emisiones de GEI (Gg CO₂ eq) en el sector ganadero. Provincia de Cienfuegos. Serie 2010-2020.

Subcategorías	GEI	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
3.A GANADO		198.69	206.72	208.03	210.12	212.00	211.02	210.95	204.99	197.76	196.55	192.47
3.A.1 Fermentación Entérica	CH ₄	173.53	179.99	182.89	184.13	184.69	183.56	183.38	177.03	171.65	170.72	169.04
3.A.2 Gestión del Estiércol	Total	25.16	26.74	25.14	25.99	27.31	27.45	27.57	27.96	26.11	25.82	23.43
	CH ₄	15.95	17.12	15.79	16.51	17.66	17.86	18.06	18.56	17.19	16.88	14.92
	N ₂ O	9.21	9.61	9.35	9.49	9.66	9.60	9.52	9.40	8.91	8.94	8.51

En la categoría “3.A. Ganadería” se emitieron en el 2020, 192.5 Gg CO₂eq (Figura 14). Dentro de esta, la Fermentación Entérica representó el 87.8% (Figura 15). 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. Resultados similares obtuvieron en Colombia (Quinceno, Pulido, Pérez, & Rodríguez, 2021) y en Argentina (Girardin, Di Sbroiavacca, Nadal, & Sagardoy, 2019)

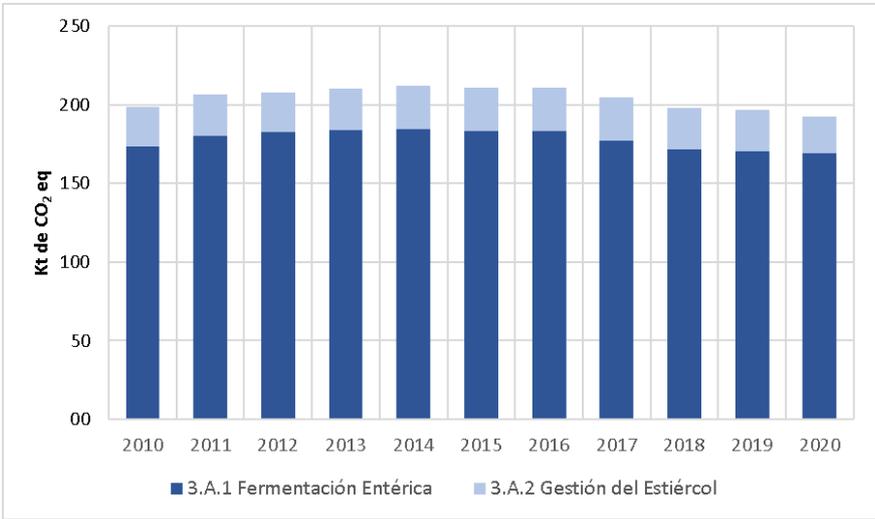


Figura 5. Desagregación de las emisiones de GEI (Gg CO₂ eq) de la categoría “3AGanadería”. Provincia de Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

Resumen de emisiones por tipo de GEI

El total de las emisiones de la provincia en el 2020 fue de 192.5 Gg CO₂eq, de ellos 184.0 Gg CO₂eq (95.6%) correspondió al CH₄ y 8.51 Gg CO₂eq (4.4%) al N₂O (Figura 16). Las emisiones de CH₄, como ya se dijo anteriormente, provinieron principalmente

de la fermentación entérica del ganado, actividad que aportó un 91.9% de estas, seguido de la gestión del estiércol del ganado con un 8.1%. Las emisiones de N₂O estuvieron asociadas en su totalidad a la gestión del estiércol.

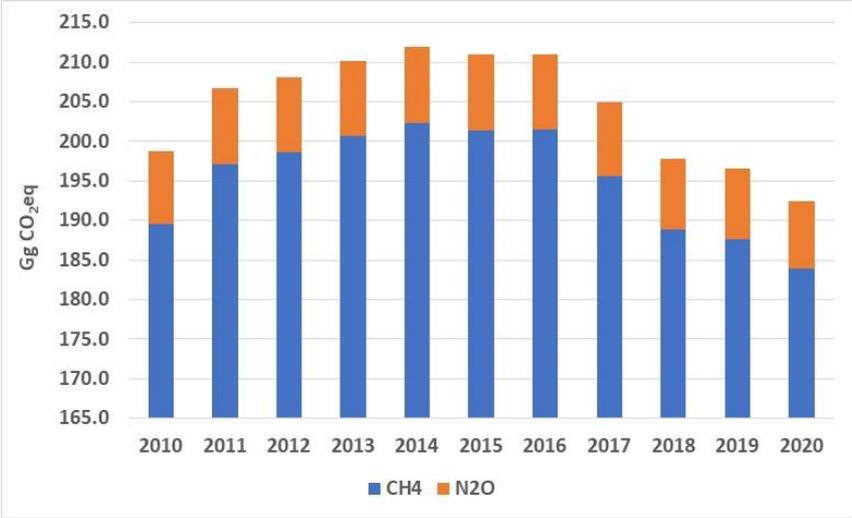


Figura 16. Emisiones de GEI expresadas en CO₂ eq (Gg CO₂ eq) por tipo de gas emitido. Provincia Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

Resumen de emisiones por municipios

Todos los municipios de la provincia evidenciaron una disminución de las emisiones de GEI en el período estudiado (Figura 17). 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 65.3% del total provincial. Esto es debido a que concentran la mayor masa ganadera del territorio.

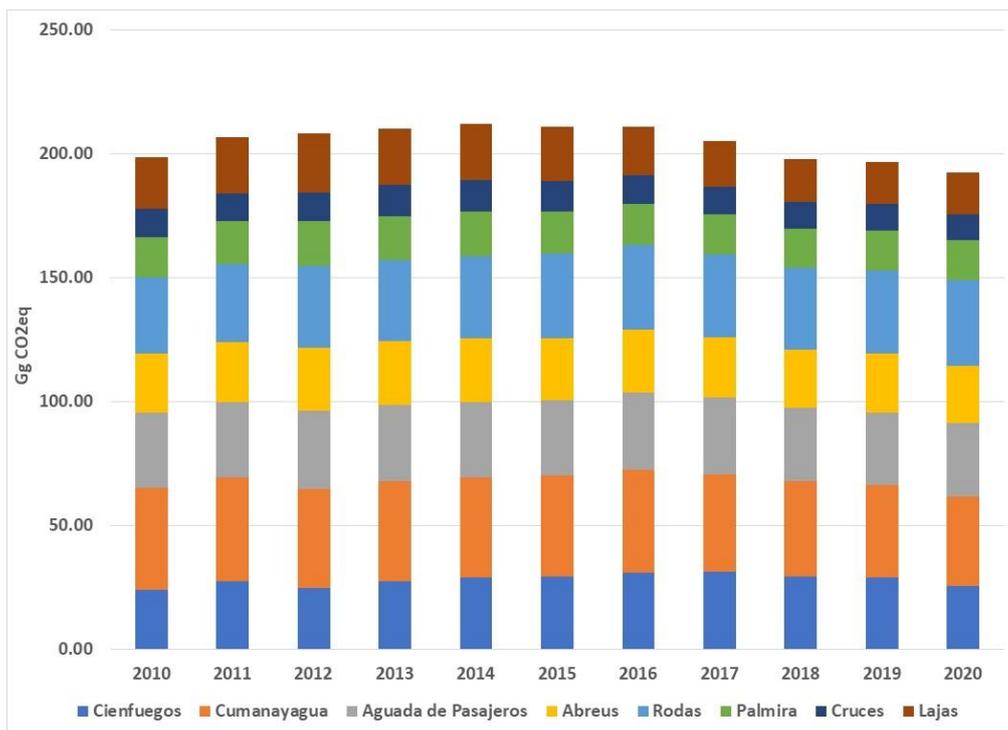


Figura 17. Emisiones de GEI (Gg CO₂ eq) del sector ganadero por municipios de la provincia Cienfuegos. Serie 2010 – 2020.

3.3 Control y garantía de la calidad

Las tablas 12 y 13 detallan las actividades de control de calidad y los procedimientos aplicados en este sector.

Tabla 12. Procedimientos generales para el Control de Calidad – Sector Agricultura.

Aspectos a verificar	Actividad de Control de Calidad	Procedimiento realizado
	Verificar que los criterios para la selección de los DA estén documentados.	Se verificaron los DA utilizados en el inventario, realizándose comparaciones con la información reportada en los anuarios estadísticos municipales, en caso de existir diferencias las mismas han sido descritas.

Documentación	Verificar si existen errores de transcripción en los datos de entrada y la referencia.	Se verificó que las referencias de datos bibliográficos estén debidamente citadas en la bibliografía. Los datos fueron copiados de las fuentes originales para minimizar los errores de transcripción y se realizaron verificaciones aleatorias en muestras de datos de entrada en ambas subcategorías para detectar posibles errores de transcripción.
	Verificar que los criterios para la selección de los factores de emisión estén documentados.	Todos los FE (ya sean propios del país o por defecto) fueron debidamente registrados y documentados.
	Verificar que las emisiones se estimen correctamente.	Los métodos y ecuaciones utilizadas para cada subcategoría del inventario fueron debidamente detallados y descritos.
Revisión y verificación	Revisar los archivos de Excel y la documentación interna.	Se verificó la existencia de documentación interna detallada para respaldar tanto los DA como las estimaciones realizadas en Excel.
	Verificar la coherencia de la serie temporal.	Se verificó la coherencia temporal en los datos de entrada de la serie temporal para cada categoría. Se compararon las estimaciones obtenidas con otros estudios científicos realizados a nivel provincial (Provincia Matanzas en Cuba, provincia Río Negro en Argentina, Valle Aburra en Colombia) para evaluar su coherencia y consistencia.
	Verificar la exhaustividad.	Se verificó que las estimaciones se presenten para las subcategorías analizadas y todos los años del inventario (2010 – 2020). Se verificó que los DA estuviesen completos y no faltaran periodos de tiempo significativos.

	Revisiones de tendencias	Se verificó que el valor de los FE a través de la serie temporal se mantuviera constante. Se verificó que no exista alguna tendencia inusual o inexplicable reportada para los datos de actividad a través de la serie temporal.
Uso de datos confiables	Verificar la confiabilidad de las fuentes de los datos de actividad.	Se realizaron comparaciones entre los datos aportados por la Delegación Provincial de la Agricultura y los datos obtenidos de los Anuarios estadísticos municipales. Se verificó la información de los anuarios estadísticos municipales con los anuarios estadísticos provinciales para corroborar la información.
	Homogenizar el uso de planillas de trabajo para recopilar los datos de actividad para cada año del inventario, así como para la estimación de las emisiones por subcategorías.	Se desarrollaron planillas de trabajo en Microsoft Excel para recolectar los datos de actividad por cada subcategoría en los diferentes municipios de la provincia. Se desarrollaron planillas de trabajo en Microsoft Excel para el procesamiento de la información (estimación de las emisiones) para cada subcategoría en los diferentes municipios de la provincia.
	Verificar que las unidades de emisiones y parámetros se registren correctamente y que los factores de conversión se utilicen de manera apropiada.	Se verificó que las unidades estén correctamente etiquetadas en las hojas de cálculo. Se verificó que los factores de conversión utilizados son correctos. Se verificó que los factores de ajuste temporal y espacial se utilicen correctamente.

Tabla 13. Procedimientos específicos aplicados para el control de calidad.

Aspectos	Actividad de control de calidad	Subcategoría	Procedimiento realizado
-----------------	--	---------------------	--------------------------------

Uso de datos de actividad de fuentes oficiales y sin errores	Verificar que los datos de actividad se hayan recabado y transcritos correctamente por municipios.	3.A.1	<i>Fermentación entérica</i>	<p>A partir de una consulta a la Delegación Provincial de la Agricultura, se identificaron las especies ganaderas con periodo de vida menor a un año. Se realizó el ajuste a la población media anual para el ganado porcino y aves de corral.</p> <p>Los datos reportados por el sector fueron desglosados por municipios, especificando especies por tipo de ganado. Estos fueron incorporados a las hojas de trabajo.</p> <p>Los datos aportados por el sector muestran diferencias con los anuarios municipales para un grupo de especies (vacas en ordeño, vacas, terneros, añojos, toros de ceba, búfalos, ovinos, caprinos, equinos) y los años 2014 y 2020.</p>																		
		3.A.2	<i>Gestión de estiércol</i>																			
Documentación y fundamentación del uso de parámetros y factores de emisión utilizados en cada una de las subcategorías	Al utilizar FE específicos del país, es necesario: - Comparar los FE propios del país con los factores por defecto de las Directrices del IPCC, 2006 y	3.A.1	<i>Fermentación entérica</i>	Fueron utilizados los FE propios del país para el ganado vacuno aplicados en la TCN a la CMNUCC, 2020.																		
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Especies de ganado vacuno</th> <th>FE propios</th> <th>FE Defecto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Vacas en ordeño</td> <td>57.92</td> <td>63</td> </tr> <tr> <td>Vacas</td> <td>51.97</td> <td rowspan="4">56</td> </tr> <tr> <td>Ternereras</td> <td>12.88</td> </tr> <tr> <td>Añojas</td> <td>25.05</td> </tr> <tr> <td>Novillas</td> <td>25.05</td> </tr> <tr> <td>Terneros</td> <td>12.88</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Especies de ganado vacuno	FE propios	FE Defecto	Vacas en ordeño	57.92	63	Vacas	51.97	56	Ternereras	12.88	Añojas	25.05	Novillas	25.05	Terneros	12.88	
				Especies de ganado vacuno	FE propios	FE Defecto																
				Vacas en ordeño	57.92	63																
				Vacas	51.97	56																
				Ternereras	12.88																	
				Añojas	25.05																	
				Novillas	25.05																	
Terneros	12.88																					

	señalar las diferencias. - Documentar cómo se seleccionaron los FE propios del país.			<table border="1"> <tr> <td>Añojos</td> <td>38.32</td> </tr> <tr> <td>Toretas</td> <td>38.32</td> </tr> <tr> <td>Toros de ceba</td> <td>38.32</td> </tr> <tr> <td>Bueyes</td> <td>38.32</td> </tr> <tr> <td>Sementales</td> <td>48.63</td> </tr> </table>	Añojos	38.32	Toretas	38.32	Toros de ceba	38.32	Bueyes	38.32	Sementales	48.63
	Añojos	38.32												
Toretas	38.32													
Toros de ceba	38.32													
Bueyes	38.32													
Sementales	48.63													
	Revisar la fracción utilizada para distribuir la población de ganado de acuerdo a los SME	3.A.2	Manejo de estiércol	A partir de la consulta a expertos de la Delegación Provincial de la Agricultura, se identificó la representatividad de los SME para cada tipo de ganado.										
Estimación de las emisiones siguiendo los métodos descritos en el inventario	Definir los métodos y ecuaciones para cada subcategoría	3.A.1 3.A.2		Fueron descritos los métodos (Nivel 1 y 2) y ecuaciones aplicadas para cada subcategoría.										

A continuación, se detallan las acciones implementadas como parte del proceso de garantía de calidad del sector ganadero (Tabla 14).

Tabla 14. Acciones implementadas como parte del proceso de garantía de calidad del sector Agricultura

Acciones	Aspecto	Acciones implementadas
Capacitación y formación		Se desarrolló capacitación a los especialistas que participaron en la confección del inventario.
	Transparencia	Se elaboraron planillas detalladas para recopilar los datos de actividad para cada año del inventario, lo que permitió que las mismas fueran transparentes. Dichas planillas fueron incluidas en el informe final para revisión, detalladas para cada año y desagregadas por categorías (3A).

Cumplir con los indicadores de calidad establecidos para el inventario		Fueron documentadas claramente la fuente de los datos utilizados en la serie temporal, incluyendo la organización, informe, anuario base de datos de donde provienen, etc.
		Se explicó de forma detallada la metodología utilizada para estimar las emisiones de GEI en el sector agricultura, detallando los pasos, parámetros, factores de emisión y ecuaciones utilizadas.
		Se facilita el acceso a los datos utilizados en la serie temporal, así como a los resultados obtenidos. Se detallan las unidades de medida o preprocesamiento realizados.
	Exactitud	Se verificó la calidad de los datos utilizados en la serie temporal, asegurándose de que fueran confiables, consistentes y representativos de las emisiones de GEI en el sector Ganadero.
	Exhaustividad	Se revisaron exhaustivamente las fuentes de datos utilizadas en la serie temporal para asegurarse de que se incluyan todas las actividades relevantes en el sector ganadero.
		Se consideraron todas las categorías de gases de efecto invernadero relevantes, como el CH ₄ y el N ₂ O, en las estimaciones de las emisiones.
	Coherencia	Se verificó que las tendencias y los patrones seguidos por los DA y las emisiones en cada subcategoría de la serie temporal fueran coherentes con las expectativas y el conocimiento de especialistas del sector.
		Se verificó que en cada subcategoría estimada los datos de actividad utilizados cumplieran los siguientes requisitos: tuvieran la misma unidad de medida, escala de tiempo y definiciones de las variables.
		Se desarrollaron planillas para desagregar los datos de actividad para cada año del inventario.

	Comparabilidad	Como es primera vez que se realiza el inventario no se puede realizar comparación con inventarios anteriores.
Comunicación y divulgación		Se sometió a revisión por varios expertos el informe científico técnico elaborado.
		Se dieron a conocer los resultados en el Consejo Técnico Asesor del Centro Meteorológico y en el CTA de la Delegación Provincial de la Agricultura.
		Fueron presentados los resultados parciales en el Fórum de Ciencia y Técnica del Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos y en la Delegación territorial del CITMA en la provincia.

3.4 Limitaciones en el estudio

La agricultura constituye una actividad compleja y, a la vez, tiene una relevancia significativa en el volumen de emisiones de GEI en la provincia, por lo cual merece que se le preste una atención especial.

Las principales limitaciones encontradas en este estudio fueron:

- ✓ *Datos limitados:* deficiente calidad y disponibilidad de datos de actividad precisos y actualizados sobre las actividades ganaderas y agrícolas, con bajo nivel de incertidumbre; demoras en los plazos para la entrega de la información por parte de entidades oficiales, así como el formato en que se encontraba disponible la información necesaria (archivos PDF tabulados, o txt) que exigieron la transcripción manual de los mismos.
- ✓ *No contar con factores de emisión propios del país en todas las subcategorías:* El no contar con FE propios para todas las especies de ganado, hace que las estimaciones realizadas no sean tan precisas.
- ✓ *Infraestructura y tecnología:* Deficiente infraestructura (departamento de estadística del MINAG en Cienfuegos) que centre toda la información que se genera en el sector y tecnología adecuada para monitorear y medir las emisiones de GEI. Esto puede dificultar la recopilación de datos y la implementación de métodos de estimación precisos.
- ✓ *Capacidades técnicas y recursos humanos:* La falta de capacitación técnica y de recursos humanos especializados en la estimación de las emisiones de GEI en el

sector ganadero. Esto puede dificultar la implementación de métodos de estimación adecuados y la realización de análisis robustos.

- ✓ *Falta de conciencia y conocimiento:* insuficiente conocimiento y conciencia sobre la importancia de la estimación de las emisiones de GEI en la agricultura hace que no se dé la importancia requerida a esta actividad.
- ✓ *Estrategias Institucionales. Deficiente abordaje institucional de las emisiones de GEI por sectores atentan contra la actualización periódica de los mismos en el territorio.*
- ✓ *Socialización de los resultados. Insuficiente uso de canales informativos para divulgar la situación de las emisiones de GEI en el territorio.*

Es importante abordar estas limitaciones para mejorar la precisión de las estimaciones y facilitar la implementación de medidas de mitigación adecuadas.

3.5 Medidas de mitigación y adaptación

Teniendo en cuenta dos etapas propuestas por la CMNUCC, 2008 se presentan medidas de mitigación y adaptación en la ganadería en Cienfuegos.

Etapa 1: Evaluación de la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación.

- ✓ Realizar estudios para evaluar la vulnerabilidad de la ganadería al cambio climático, considerando factores climáticos como el aumento de las temperaturas, el cambio en los patrones de precipitación y la frecuencia de los fenómenos extremos.
- ✓ Identificar los impactos potenciales del cambio climático en la ganadería, como la disponibilidad de agua, la calidad del forraje y la salud animal,
- ✓ Evaluar la capacidad de adaptación de los sistemas ganaderos, teniendo en cuenta los recursos disponibles, la tecnología existente y la capacidad institucional.

Etapa 2: Identificación y evaluación de las acciones de mitigación y adaptación.

Identificación:

- ✓ Identificar el nivel de conocimiento de los involucrados acerca del cambio climático.
- ✓ Diagnosticar la existencia y uso de los canales de comunicación para promover acciones de educación relacionadas con el cambio climático.
- ✓ Identificar la situación real del uso de los recursos: suelo, agua, energía, recursos genéticos y fitogenéticos que influyen en el cambio climático.
- ✓ Diagnosticar la funcionabilidad de las estrategias existentes que respondan a las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.

Acciones de Mitigación:

- ✓ Diseñar un sistema de educación ambiental que responda a las necesidades cognitivas identificadas.
- ✓ Utilización de los canales de comunicación existentes en el territorio para la socialización del conocimiento y la información entre todos los actores.
- ✓ Mejorar la eficiencia en el uso de los recursos: suelo, agua, energía, recursos genéticos y fitogenéticos a través del uso de buenas prácticas agropecuarias.
- ✓ Implementación de estrategias productivas coherentes que armonicen con la situación ambiental identificada en el territorio.

Acciones de Adaptación:

- ✓ Implementar prácticas de manejo de residuos:
 - Promover la recolección y utilización adecuada de los residuos de la ganadería como el estiércol y la orina para la producción de biofertilizantes como el compostaje y lodos cloacales; y la digestión anaeróbica, para reducir las emisiones de metano y aprovecharlo como forma de energía renovable.
 - Construcción de biodigestores para capturar y utilizar el metano generado por las excretas producidas principalmente por el ganado vacuno y porcino para reducir las emisiones a la atmósfera,
 - Introducir tecnologías y prácticas de gestión de residuos eficientes, como el tratamiento anaeróbico de los desechos, para reducir las emisiones de metano y aprovechar el biogás como fuente de energía.
 - Establecer programas de financiamiento e incentivos para que los ganaderos puedan invertir en sistemas de gestión de residuos.
 - Brindar capacitación y asistencia técnica a los ganaderos sobre las mejores prácticas de manejo del estiércol.
- ✓ Mejorar la eficiencia reproductiva del ganado:
 - Introducción o diseminación de razas genéticamente adaptadas a las condiciones ambientales futuras,
 - Fomentar la selección genética y el manejo adecuado para mejorar la eficiencia reproductiva del ganado,
 - Establecer programas de capacitación para los ganaderos sobre técnicas de manejo reproductivo eficientes.
- ✓ Promover la rotación de los cultivos y pastizales:

- Promover técnicas de pastoreo rotacional y manejo adecuado de los pastizales, que ayuden a mantener la salud del suelo y la productividad de los pastos, lo que aumenta la captura de carbono y reduce las emisiones de GEI,
- Promover la diversificación de cultivos forrajeros para aumentar la resiliencia frente a cambios en los patrones de precipitación y disponibilidad de agua.
- Proporcionar incentivos económicos a los ganaderos para que implementen sistemas de rotación de cultivos y pastizales,
- ✓ Promover la eficiencia en la alimentación del ganado:
 - Fomentar el uso de tecnologías de alimentación mejoradas como suplementación alimentaria y la formulación de raciones equilibradas, que ayuden a reducir las emisiones de metano durante la digestión del ganado.
 - Inclusión de alimentos más digestibles y utilizar aditivos alimentarios.
 - Capacitar a los ganaderos mediante talleres y demostraciones prácticas sobre la importancia de la alimentación eficiente y proporcionar asistencia técnica para implementar prácticas de manejo nutricional adecuadas.
- ✓ Fomentar la diversificación de la producción:
 - Promover la integración de los sistemas agropecuarios, como los agrosilvopastoriles que combinen la ganadería con la producción de cultivos y árboles.
 - Integrar árboles y pastos en los sistemas de producción ganadera puede mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad y reducir las emisiones de GEI.
- ✓ Sensibilización, capacitación y asistencia técnica:
 - Realizar campañas de sensibilización y capacitación dirigidas a los ganaderos y otros actores relacionados con la ganadería.
 - Implementar acciones de capacitación o grupos de trabajo para compartir buenas prácticas y experiencias exitosas en la reducción de emisiones de GEI en la ganadería.

CONCLUSIONES

Partiendo de los resultados alcanzados se arribó a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se estimaron las emisiones de GEI en el Sector Ganadero en la provincia de Cienfuegos, las que muestran una tendencia a la disminución como consecuencia de la reducción de la masa ganadera. La subcategoría fermentación entérica del ganado constituyó la actividad que más aporta a la misma.
- ✓ Los municipios de Cumanayagua, Rodas, Aguada de Pasajeros y Cienfuegos son los que más aportan al total de emisiones de la provincia.
- ✓ Se realiza una propuesta de acciones para la mitigación y adaptación al cambio climático en el sector ganadero de la provincia Cienfuegos, el cual constituye una herramienta valiosa para tomar decisiones a nivel local acorde a las metas nacionales como apoyo al desarrollo.

RECOMENDACIONES

1. Concluir con las estimaciones del GEI correspondientes a Fuentes agregadas y fuentes no CO₂.
2. Actualizar de forma anual las emisiones de GEI en el sector Agricultura de la provincia Cienfuegos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alemán, M. R. (2008). Emisión de gases de efecto invernadero en la provincia de Matanzas. *Revista de arquitectura y ingeniería*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915935004>
- Alemán, M., Rodríguez, J., & Salcedo, J. (2008). Emisión de gases de efecto invernadero en la provincia de Matanzas. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2(3), 10. <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=193915935004>
- Alvarado, V. (2018). *Emisión de metano entérico de vacas en lactación con pastos cultivados en zona altoandina – estación lluviosa y seca*. (Tesis para optar el Grado de Maestro Magister Scientiae en Nutrición). Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3585/alvarado-bolovich-victor-ilich.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez, A., & Vargas, D. (2014). *Las emisiones de gases de efecto invernadero y su mitigación por el sector agrario cubano*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. <http://ediciones.inca.edu.cu/>; <http://www.inca.edu.cu>
- Andrews, K., & Reisinger, A. (2013). *Reducing greenhouse gas emissions from livestock: Best practice and emerging options*. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre, New Zealand.
- Benaouda, M., González, M., Molina, L., & Castelán, O. (2017). Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4). <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/20>
- Bommarco, R., Vico, G., & Hallin, S. (2018). Exploiting ecosystem services in agriculture for increased food security. *Global Food Security*, 17, 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.04.001>
- Bonilla, J., & Lemus, C. (2012). *Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático*. *Revista Mexicana Ciencias Pecuarias*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200006
- Chávez, A., & Hernández, J. (30 de Septiembre de 2017). Comportamiento de algunos componentes del agroecosistema a consecuencia de la actividad ganadera en una Unidad Cooperativa de producción lechera en Las Tunas, Cuba. *Ojeando la agenda*(49), p. 21. <https://ojeandolaagenda.com/2017/09/30/5758/>
- Chile, Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *5to Informe Bienal de Actualización ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Chile. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Informe_5IBA_2022_Final.pdf
- CITMA. (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. La Habana: AMA.

<https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>

- Consejo Universitario, (2019). *Cambio Climático*. Universidad Autónoma de Ciudad de Juárez , Instituto de Ciencias Biológicas Programas de Biología . <https://www.uacj.mx/ICB/UEB/documentos/17.%20Cambio%20Climatico.pdf>
- Costantini, A., Perez, M., Busto, M., Cosentino, V., Romaniuk, R., & Taboada, M. (2018). *EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN LA PRODUCCION GANADERA*. <http://aargentina.ciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/4-Costantini-cei68-5-5.pdf>
- Cuba. Oficina Nacional de Estadística e Información, (ONEI). (2021). *Anuario Estadístico de Cuba 2020*. https://www.presidencia.gob.cu/media/filer/public/2022/05/07/anuario_2020_ver2021_IYMhjjw.pdf
- Crespo, C. (2021). *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2021/12/el-lujo-de-la-carne-asi-es-el-impacto-medioambiental-de-la-ganaderia-en-espana>
- Dawidowski, L. E. (2017). *Programa de desarrollo regional “Mitigación del Cambio Climático: Fortalecimiento de Capacidades para el Desarrollo de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de la Provincia de Buenos Aires”*. Universidad de San Martín. <http://biblioteca.cfi.org.ar/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/informe-pba-2014.pdf>
- Elcacho, J. (2017). *Los efectos de la ganadería en el Medio Ambiente son cada vez más alarmante*. <https://www.buenoyvegano.com/2017/04/25/efectos-la-ganaderia-medio-ambiente/>
- España, Ministerio para la Transición Ecológica. (2023). *Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. España: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/guia_huella_carbono_tcm30-479093.pdf
- FAO. (2018). *Soluciones ganaderas para el cambio climático*. <https://www.fao.org/3/I8098ES/I8098es.pdf>
- FAO. (2018). *Perspectivas para el medio ambiente*.
- Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura es parte de la Universidad Nacional de Rosario, (FCEIA). (2019). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la provincia de Santa Fe, año 2016*. <https://www.concejosantafe.gov.ar/wp-content/uploads/2022/10/Inventario-de-Gases-de-Efecto-Invernadero.pdf>
- Federación de Enseñanza de Comisiones Obreras de Andalucía (2010). *EL EFECTO INVERNADERO. Temas para la Educación. Revista digital para profesionales de la enseñanza, (7), 11*. <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd6985.pdf>

- Francis, C. M., & Campbell, M. C. (2003). *A report for the rural industries research and development corporation: New high quality oil seed crops for temperate and tropical Australia*. RIIDC Project No UWA-47A. publicatio No 03/045. <https://www.feedipedia.org/node/18292>
- Gacia, J. (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 Master en Agricultura Sostenible). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas.
- Galicia, A., Benjamín, J., Munguía, A., Venegas, O., & M, O. (2021). Estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes del ganado en México. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 12(3), 123. <https://rde.inegi.org.mx/index.php/2022/01/03/estimacion-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-provenientes-del-ganado-en-mexico-1990-2018/>
- Garcia, J. (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 Master en Agricultura Sostenible). http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40-Numero_2/cag042131909.pdf
- Girardin, L., Di Sbroiavacca, N., Nadal, G., & Sagardoy, I. (2019). *Primer Inventario de Gases de Efecto Invernadero de la provincia Río Negro*. <http://biblioteca.cfi.org.ar/documento/primer-inventario-de-gases-de-efecto-invernadero-gei-de-rio-negro/>
- Gutiérrez, C. A. (2020). *Inventarios de Gases de Efecto Invernadero a escala Territorial*. <https://pactodealcaldes-la.org/wp-content/uploads/2017/10/INFORME-FINAL-IGEI-2020.pdf>
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (IPCC), (1995). *II Evaluación Cambio Climático*. <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/2nd-assessment-sp.pdf>
- Hernández, O. (2020). *Emisión de gases de efecto invernadero en unidades de producción bovina en Chiapas*. (Tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical). Universidad Autónoma de Chiapas. <https://www.biopasos.com/informes/TESIS-DIGITAL-MCPAT-FINALIZADA.pdf>
- Herrera, P. (2020). *GANADERÍA EXTENSIVA Y CAMBIO CLIMÁTICO UN ACERCAMIENTO EN PROFUNDIDAD*. http://www.ganaderiaextensiva.org/wp-content/uploads/2020/03/CuadernoEntretantos6_GanaderiaCC.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), (2015). *Primer informe bienal de actualización de Colombia ante Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Instituto de Hidrología, Metodología y Estudios Ambientales, Colombia.

- Instituto de Meteorología, (INSMET), (2021). *Reporte de inventario de Gases de Efecto Invernadero de Cuba*. INSTITUTO DE METEOROLOGÍA DE CUBA. <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*. <http://www.ipcc-nggip.or.jp>
- IPCC. (2013). *Bases Físicas*. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- Iturralde, M. (2013). *Protege a tu familia de...* https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F282252274_Iturralde-Vinent_M_Editor_Cientifico_2013_Serie_de_Folletos_Protege_a_tu_familia_de_1_a_9_1_Aguas_contaminadas_2_Terremotos_y_tsunamis_3_Derrumbes_y_deslizamientos_4_La_erosion_y_perdida_de_suelos_y_b&psig=AOvVaw3gGNrB4Hvd8TxSbNBLviNg&ust=1701451480672000&source=images&cd=vfe&ved=0CBIQjhxqFwoTCMjXqrc54IDFQAAAAAAdAAAAABAE
- Lesman, M. (2018). *CASAFE. Cámara de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes*. Abril de 2023, de <https://www.casafe.org/>
- Lindwall, C. (2022). *Natural Resources Defense Council, (NRDC)*. <https://www.nrdc.org/es/stories/cuales-son-efectos-cambio-climatico#futuro>
- Manzano, A., Caraballoso, A., & Castro, M. (2013). *Emisión de metano en la cría de búfalo, alternativas para aminorar su impacto ambiental en la UBPC La 5 del proyecto Sabana Camagüey*.
- Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). (2015). *Segunda Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/02Comunicaci%C3%B3n%20ONUCambio%20Climatico_Cuba.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, (2020). *Tercera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication.%20Cuba.pdf>
- Nieto, M., M.L., & Steinaker, D. (2014). Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 40(1). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4732851>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2017). *La ganadería y sus desafíos en América Latina y el Caribe*. <https://www.agronewscastillayleon.com/fao-la-ganaderia-y-sus-desafios-en-america-latina-y-el-caribe/>

- Organismo Internacional de Energía Atómica, (IAEA). (2018). Boletín del IAEA. La seguridad informática del mundo nuclear. <https://www.iaea.org/es>
- Piqueras, M. (2007). Sector agrario y cambio climático. *El Ecologista*, (54).
- Planos, E., Gutiérrez, T., Capote, R., Barranco, G., Salabarría, D., & Vales, M. (2018). *Aportes 2013-2018 del Programa Nacional de Ciencia Cambio Climático en Cuba: Impactos, Adaptación y Mitigación*. Agencia de Medio Ambiente. Editorial AMA.
<https://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2692/5/Aportes%202013-2018%20del%20Programa%20Nacional%20de%20Ciencia%20Cambio%20Clim%C3%A1tico.pdf>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (PNUMA), (2005). *Cambio Climático. Proyecto Ciudadanía Ambiental Global*. México: Oficina Regional para América Latina y el Caribe (PNUMA/ORPALC).
<https://parlatino.org/pdf/temas-especiales/pnuma/cambio-climatico.pdf>
- Quinceno, M., Pulido, A., Pérez, M., & Rodríguez, P. (2021). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero. Valle de Aburrá 2021*.
<https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Inventario-GEI-2016-2019-WWF.pdf>
- Ruiz, P., Castañeda, J., & Moreno, E. (2023). Emisión de gases de efecto invernadero en la economía mexicana y políticas de mitigación, 2020-2030*. *EL TRIMESTRE ECONÓMICO*, XC(2)(358), 531-551. 10.20430/ete.v90i358.1662
- Saturia Cabrera, C., & Sierra Plazas, M. (2016). *Propuesta de mitigación ambiental como factor de gestión territorial en la vereda la hoya del municipio de tunja*. (Trabajo de grado especialización en gestión territorial y avalúos). Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Civil, Bogota.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2422/2016miguelSierra.pdf?sequence=4>
- Sinergia. (2005). *Producción Respetuosa en Viticultura Impactos Ambientales en Agricultura*.
- Sosa, J., & Bolufé, J. (2019). *Inventario Nacional de Gases de Efecto de Invernadero*. INSTITUTO DE METEOROLOGÍA. AMA.
http://ccc.insmet.cu/cambioclimaticoencuba/sites/default/files/resultados/08%20INVENTARIO%20GASES_0.pdf
- 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.

ANEXOS

Anexos 1. Definición de las claves de notación.

Clave de notación	Definición	Explicación
IE	Incluido en otra parte	Las emisiones de GEI de esta actividad están estimadas y presentadas en otra categoría del inventario. Esa categoría debe ser especificada en la explicación
NE	No estimado	Las emisiones ocurren, pero no han sido estimadas o reportadas; es necesario dar una justificación por la exclusión
NO	No ocurre	Una actividad o proceso que no ocurre o existe dentro de la provincia
C	Confidencial	Emisiones de GEI que pueden resultar en la divulgación de información confidencial y no pueden ser reportadas

Fuente: Directrices del IPCC, 2006

Anexo 2. 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 - Fermentación entérica	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	TCN, 2020 IPCC, 2006 Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14, 10.15,
3.A.2 - Manejo del Estiércol	A2a - Bovinos, 3A2b - Búfalos, 3A2c -Ovinos, 3A2d -Caprinos, 3A2f - Caballos, 3A2g - Mulas y asnos, 3A2h - Porcino, 3A2i - Aves de corral	CH ₄	Nivel 1	Población animal por especie	Cienfuegos, ONEI, y Empresa Avícola Cienfuegos	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.14, 10.15,
		N ₂ O	Nivel 1	Población animal por especie		
				Tasa de excreción		
				Masa Típica del animal		
Sistemas de tratamiento del estiércol	Delegación Provincial de la Agricultura en Cienfuegos	IPCC 2006. Volumen 4. Capítulo 10. Cuadros 10.21.				

Anexo 3. Factores de emisión propios del país (Kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹) por especie animal de la subcategoría Fermentación entérica.

Factores de emisión propios del país (Kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹) para el ganado vacuno de la subcategoría Fermentación entérica.

Tipo de ganado	Factor de Emisión
Vacas en ordeño	57.92
Vacas	51.97
Terneras	12.88
Añojas	25.05
Novillas	25.05
Terneros	12.88
Añojos	38.32
Toretas	38.32
Toros de ceba	38.32
Bueyes	38.32
Sementales	48.63

Fuente: Tercera Comunicación Nacional (2020).

Factores de emisión por defecto (Kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹) por especie animal de la subcategoría Fermentación entérica.

Tipo de ganado	Factor de Emisión
Búfalos	55
Ovejas	5
Cabras	5
Caballos	18
Mulas y Asnos	10
Cerdos	1.0
Aves de corral	NO

Fuente: Cuadro 10.10, Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Anexo 4. Factores de emisión por defecto (Kg CH₄ cabeza⁻¹año⁻¹) por especie animal de la subcategoría Gestión del Estiércol.

Categoría	Factor de Emisión para CH₄	Fuente del factor de emisión	Clima
Vacas en ordeño	2.0	Cuadro 10.14	Cálido ≥ 28 °C
Vacas	1.0		
Ternereras	1.0		
Añojas	1.0		
Novillas	1.0		
Terneros	1.0		
Añojos	1.0		
Toretas	1.0		
Toros de ceba	1.0		
Bueyes	1.0		
Sementales	1.0		
Búfalos	2.0		
Ovejas	0.2	Cuadro 10.15	Cálido >25 °C
Cabras	0.22		
Caballos	2.19		
Mulas y asnos	1.2		Cálido ≥ 28 °C
Cerdos	2.0		Cálido >25 °C
Aves de corral	0.02		

Fuente: Cuadro 10.14, 10.15; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006

Anexo 5. Datos paramétricos utilizados por defecto por especie de animales en la subcategoría Gestión del Estiércol.

Datos paramétricos utilizados por defecto por especie animal de la subcategoría Gestión del Estiércol.

Categoría	Tasa de excreción de N(rate)(kg N (1 000 kg masa animal)⁻¹ *día⁻¹)	Directrices IPCC, 2006	Masa Típica del animal por categoría de Ganado (TAM) kg animal⁻¹	Directrices IPCC, 2006	Excreción de N (kg N animal⁻¹ año⁻¹)		
Vacas lecheras	0.48	Volumen 4 Cuadro 10.19	400	Volumen 4 Cuadro 10 A-5	70.08		
Vacas	0.36		325		42.71		
Terneras	0.36		325				
Añojas	0.36		325				
Novillas	0.36		325				
Terneras	0.36		325				
Añojos	0.36		325				
Toretos	0.36		325				
Toros de ceba	0.36		325				
Bueyes	0.36		325				
Sementales	0.36		325				
Búfalos	0.32		380			Volumen 4 Cuadro 10 A-9	44.38
Ovejas	1.17		28				11.96
Cabras	1.37	30	15.00				
Caballos	0.46	238	39.96				
Mulas y Asnos	0.46	130	21.83				
Cerdos	1.57	28	16.05				
Aves	0.82	1.8	0.54				

Fuente: Cuadro 10.19 y 10.A-5; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Anexo 6. Fracciones utilizadas para distribuir la población de ganado de acuerdo con los Sistemas de Manejo de Estiércol.

Tipo de animal	Fracción de la población del ganado.				
	Laguna anaeróbica	Sistema líquido	Almacenamiento sólido	Biodigestores anaeróbicos	Praderas y pastizales
Ganado lechero			0.3		0.7
Ganado no lechero			0.3		0.7
Bufalino					1
Ovino					1
Caprino					1
Equinos					1
Mulas y Asnos					1
Porcino	0.5	0.25		0.25	
Aves		0.2	0.8		

Fuente: Delegación Provincial de la Agricultura Cienfuegos.

Anexo 7. Factores de emisión por defecto para emisiones directas de N₂O de la gestión del estiércol.

Sistema de manejo del estiércol	Factor de emisión EF ₃ [kg N ₂ O-N (kg nitrógeno excretado) ⁻¹]
Almacenamiento sólido	0.005
Lagunas anaeróbicas	0
Digestor anaeróbico	0
Sistema líquido	0.005

Fuente: Cuadro 10.21; Capítulo 10; Volumen 4; Directrices del IPCC de 2006.

Anexo 8. Procedimientos generales y específicos para el control de calidad

Procedimientos generales:

1. **Documentación:** Se requiere una documentación completa y transparente de los métodos utilizados, incluyendo la descripción de las fuentes de datos, los factores de emisión utilizados, los cálculos realizados y los supuestos utilizados.
2. **Revisión y verificación:** Se deben establecer procesos de revisión interna y externa para garantizar la precisión y consistencia de los datos y métodos utilizados en el inventario. La revisión interna debe ser realizada por personal calificado y con experiencia en el tema, mientras que la revisión externa puede ser realizada por expertos independientes.
3. **Uso de datos confiables:** Se deben utilizar datos confiables y actualizados en el inventario, provenientes de fuentes confiables y validadas. Se deben indicar las fuentes de datos utilizadas y se deben documentar los métodos de recolección y procesamiento de datos.

Procedimientos específicos:

Se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos para cada subcategoría:

1. Uso de datos de actividad de fuentes oficiales y sin errores.
2. Documentación y fundamentación del uso de parámetros y factores de emisión utilizados en cada una de las subcategorías.
3. Estimación de las emisiones siguiendo los métodos descritos en el inventario para cada subcategoría.

Anexo 9. *Acciones a desarrollar como parte del proceso de garantía de la calidad.*

Capacitación y formación: Proporcionar capacitación y formación a los especialistas y técnicos encargados de realizar las estimaciones de emisiones de GEI en el sector agrícola.

Cumplir con los indicadores de calidad establecidos para el inventario: utilizar un método de buenas prácticas es un medio pragmático para crear inventarios coherentes, comparables, completos, exactos y transparentes, así como para mantenerlos de forma que mejore la calidad del inventario con el transcurso del tiempo.

Comunicación y divulgación: Comunicar de manera clara y transparente los resultados de las estimaciones de emisiones de GEI en el sector agrícola. Esto incluye la divulgación de informes, la participación en eventos y la difusión de la información a los actores relevantes, como los agricultores, los responsables de políticas y el público en general.

Anexo 10. Comportamiento de la población de ganado en la provincia de Cienfuegos durante el período 2010. - 2020.

Tabla 1. Población de ganado vacuno (cabezas/año). Serie 2010 – 2020

Año	Vacas lecheras	Vacas	Ternereras	Añojas	Novillas	Ternereros	Añojos	Toretos	Toros de ceba	Bueyes	Sementales
2000	23377	38428	22366	13311	36592	21318	11524	9020	11071	10566	944
2011	21940	41809	22140	13145	39069	21311	12732	9246	12262	10563	900
2012	22716	42208	21263	13129	39955	20268	12128	9228	14909	10784	677
2013	23639	40936	21398	12596	40821	20468	11665	8698	16406	10869	611
2014	23499	40713	20995	12142	41791	20283	11268	9052	16263	10888	627
2015	23594	37292	19799	11648	43224	19272	10516	10146	19164	9956	432
2016	20223	40262	18736	11453	44893	18710	10710	9376	19018	8977	420
2017	19595	37785	18127	10734	43477	17557	10452	8196	19497	7876	384
2018	18909	37001	17350	9994	43897	16653	9564	8444	18126	7102	352
2019	17695	39380	19740	10048	41864	19254	9647	6914	18022	6972	338
2020	16749	40108	19587	10694	40227	18933	9999	7895	18252	7151	302
Total	231936	435922	221501	128894	455810	214027	120205	96215	182990	101704	5987

Tabla 2. Población de ganado no vacuno (cabezas/año). Serie 2010 – 2020

Año	Búfalos	Ovinos	Caprinos	Equinos	Mulas	Asnos	Porcinos	Aves de Corral
2000	1780	59608	23738	38917	824	119	211689	361946
2011	1400	64904	25527	40216	829	113	235258	362534
2012	1476	64814	25430	42026	778	121	200076	360674
2013	1519	62366	27417	43406	782	107	215093	318691
2014	1535	64732	29455	43146	779	107	243333	254069
2015	1511	64085	29789	45593	792	96	246808	239866
2016	1756	66441	30149	48426	818	90	250527	257190
2017	1690	66667	30178	48749	828	86	266864	271198
2018	1740	64871	29852	48680	836	82	238079	275403
2019	1660	64903	29966	46609	809	72	232128	301765
2020	1465	64762	30156	44209	784	72	188576	311729
Total	17532	708153	311657	489977	8859	1065	2528431	3315065