



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Vea una copia de esta licencia en <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la
Granja Ganadera Calzada – Moyobamba, San Martín**

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AU TOR:

José Jerlyn Ydrogo Olano

ASESOR:

Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz

Código N° 6055921

Moyobamba – Perú

2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la
Granja Ganadera Calzada – Moyobamba, San Martín**


AU TOR:

José Jerlyn Ydrogo Olano


Sustentado y aprobado el 20 de diciembre del 2022, por los siguientes jurados:




Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
Presidente



Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
Secretario



Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Miembro



Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN
FACULTAD DE ECOLOGÍA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

Siendo la **10: 00 horas** del día **martes 20 de diciembre del 2022** en la ciudad de Moyobamba, según la Directiva N° 01-2020-UNSM-T, aprobado con Resolución N° 367-2020-UNSM/CU-R de fecha 29 de mayo del 2020, sobre Sustentación de Tesis de Pregrado según la Modalidad No Presencial (forma virtual) de la Facultad de Ecología, se reunieron virtualmente los miembros de jurado de tesis integrado por:

Ing. M.Sc. RUBÉN RUIZ VALLES	PRESIDENTE
Ing. M.Sc. ALFONSO ROJAS BARDÁLEZ	SECRETARIO
Blgo. M.Sc. LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ PÉREZ	MIEMBRO
Ing. M.Sc. MARCOS AQUILES AYALA DÍAZ	ASESOR

Para evaluar la sustentación de la tesis titulada: **Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada - Moyobamba, San Martín**; presentado por el Bachiller en Ingeniería Ambiental: **José Jerlyn Ydrogo Olano** según Resolución N.º 416-2021-UNSM/CFT/FE fecha 30 de noviembre del 2021. Los señores miembros del jurado, después de haber escuchado la sustentación virtual, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de: **BUENO** y nota **DIECISÉIS (16)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **11:30 horas** del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Rubén Ruiz Valles
Presidente

Ing. M.Sc. Alfonso Rojas Bardález
Secretario

Blgo. M.Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Miembro

Ing. M.Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Yo, **José Jerlyn Ydrogo Olano**, egresado de la Facultad de Ecología, de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Nacional de San Martín, identificado con DNI N° 76138756, con la tesis titulada “**Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada – Moyobamba, San Martín**”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín.

Moyobamba, 20 de diciembre de 2022.



José Jerlyn Ydrogo Olano

DNI N° 76138756

Dedicatoria

A Dios.

A mi madre, doña Itala Olano Fernández por su incondicional apoyo.

Agradecimiento

A mi alma mater Universidad Nacional de San Martín, por haberme albergado y cotejado durante mi formación profesional.

A el Ing. M. Sc. Marcos Aquiles Ayala Díaz, por la asesoría brindada en la presente investigación.

Índice general

	Pág.
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento	vii
Índice general	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xii
Resumen	xiv
Abstract.....	xv
Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	4
1.1. Antecedentes de la investigación	4
1.2. Bases Teóricas.....	7
1.3. Definición de términos básicos	19
CAPÍTULO II.....	21
2.1. Material	21
2.2. Métodos.....	21
CAPÍTULO III	29
3.1. Caracterización del tipo de ganado y la población existente en la Granja Ganadera Calzada	29
3.1.1. Caracterización del tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada.....	29
3.1.2. Población por tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada.....	29
3.2. Estimación de las emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada	30
3.2.1. Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica	30
3.2.2. Estimación de las emisiones de CH ₄ por manejo de estiércol.....	35

3.2.3. Estimación de las emisiones de CH ₄ por fermentación entérica y manejo de estiércol	39
3.3. Estimación de las emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada	42
3.4. Cálculo del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y determinación del tipo de ganado que genera más huella de carbono en la Granja Ganadera Calzada.....	46
3.4.1. Huella de carbono generado por emisiones de metano (CH ₄).....	46
3.4.2. Huella de carbono generado por emisiones de óxido nitroso (N ₂ O).....	49
3.4.3. Huella de carbono generado por emisiones de metano (CH ₄) y óxido nitroso (N ₂ O).....	50
3.5. Discusión de resultados.....	54
CONCLUSIONES.....	56
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1. Metodologías más aplicadas en Europa y a nivel mundial para calcular la huella de carbono.....	15
Tabla 2. Emisiones nacionales de participación ganadera de los países de Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia.....	18
Tabla 3. Factores de emisión de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado (Kg de CH ₄ /cabeza/año).....	23
Tabla 4. Factores de emisión de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado vacuno (Kg de CH ₄ /cabeza/año).....	24
Tabla 5. Factores de emisión de metano para el manejo de estiércol (Kg de CH ₄ /cabeza/año).....	24
Tabla 6. Factores de emisión de metano para el manejo de estiércol del ganado vacuno (Kg de CH ₄ /cabeza/año).....	25
Tabla 7. Valores por defecto provisionales para el nitrógeno excretado por cabeza de animal (kg/animal/año).....	27
Tabla 8. Caracterización de tipos de ganado.....	29
Tabla 9. Resumen de emisiones de metano (kg CH ₄ /año y Gg CH ₄ /año) por fermentación entérica por clasificación de tipo de ganado.....	33
Tabla 10. Resumen de emisiones de metano (kg CH ₄ /año y Gg CH ₄ /año) por fermentación entérica por tipo de ganado.....	34
Tabla 11. Resumen de emisiones de metano (kg CH ₄ /año y Gg CH ₄ /año) por manejo de estiércol por clasificación de tipo de ganado.....	38
Tabla 12. Resumen de emisiones de metano (kg CH ₄ /año y Gg CH ₄ /año) por manejo de estiércol por tipo de ganado.....	38
Tabla 13. Resumen de emisiones de metano (kg CH ₄ /año y Gg CH ₄ /año) por fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado.....	41
Tabla 14. Resumen de emisiones de óxido nitroso (kg N ₂ O/año y Gg N ₂ O/año) por clasificación de tipo de ganado.....	45
Tabla 15. Resumen de emisiones de óxido nitroso (kg N ₂ O/año y Gg N ₂ O/año) por tipo de ganado.....	45
Tabla 16. Generación de huella de carbono (CO ₂ eq/año) por emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol, según clasificación de tipo de ganado	47

Tabla 17. <i>Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol, según tipo de ganado</i>	47
Tabla 18. <i>Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de óxido nitroso (N₂O) por gestión del estiércol, según clasificación de tipo de ganado</i>	49
Tabla 19. <i>Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de óxido nitroso (N₂O) por gestión del estiércol, según tipo de ganado</i>	50
Tabla 20. <i>Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), según clasificación de tipo de ganado</i>	50
Tabla 21. <i>Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), según tipo de ganado</i>	52
Tabla 22. <i>Factores de emisión por defecto del N₂O procedente del manejo de estiércol</i> .63	
Tabla 23. <i>Factores de emisión por defecto del N₂O procedente de sistemas de manejo del estiércol no especificados en las directrices del IPCC (dictamen del grupo de expertos)</i> 65	
Tabla 24. <i>Valores por defecto para el porcentaje de N en el estiércol producido con diferentes sistemas de manejo de estiércol</i>	66

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Población por tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada.	30
<i>Figura 2.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica de ganados de tipo bovino.	31
<i>Figura 3.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica de ganados de tipo ovino.	31
<i>Figura 4.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica de ganados de tipo equino.	32
<i>Figura 5.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica de ganados de tipo caprino.	33
<i>Figura 6.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo bovino.	35
<i>Figura 7.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo ovino.	36
<i>Figura 8.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo equino.	36
<i>Figura 9.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo caprino.	37
<i>Figura 10.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol de acuerdo a la clasificación por tipo de ganado.	39
<i>Figura 11.</i> Emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol de acuerdo al tipo de ganado.	40
<i>Figura 12.</i> Emisiones totales de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol.....	41
<i>Figura 13.</i> Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) de ganados de tipo bovino.....	42
<i>Figura 14.</i> Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) de ganados de tipo ovino.....	43
<i>Figura 15.</i> Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) de ganados de tipo equino.....	43
<i>Figura 16.</i> Emisiones de óxido nitroso (N ₂ O) de ganados de tipo caprino.....	44
<i>Figura 17.</i> Generación de huella de carbono (CO ₂ eq/año) por emisiones de metano (CH ₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol.....	48
<i>Figura 18.</i> Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO ₂ eq/año) según clasificación de tipos de ganados.....	51

<i>Figura 19.</i> Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO ₂ eq/año) según tipo de ganados.	52
<i>Figura 20.</i> Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO ₂ eq/año) según fuente de emisión.....	53
<i>Figura 21.</i> Principales componentes de la huella de carbono de un habitante de países desarrollados.....	67
<i>Figura 22.</i> Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor.....	67

Resumen

La investigación se desarrolló en la Granja Ganadera de Calzada. El objetivo general fue “Estimar la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada”. La metodología empleada fue la establecida en la “Guía Técnica HC Perú: Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI, elaborada y aprobada por el Ministerio del Ambiente del Perú”, para ello, mediante la técnica de la observación y empleando ficha de recolección de datos se caracterizó la población y tipo de ganado en el área de estudio, procediendo luego a estimar las emisiones de metano por fermentación entérica y manejo de estiércol y las emisiones de óxido nitroso por gestión del estiércol haciendo uso de factores de emisión para los diferentes tipos de ganados; por último, usando los valores de potencial de calentamiento global para ambos gases se estimó la huella de carbono en la granja. Se determinó que la emisión de metano por fermentación entérica fue 0,010443 Gg CH₄/año y por manejo de estiércol 0,000251 Gg CH₄/año todo lo cual suma un total de 0,01069 Gg CH₄/año, la emisión de óxido nitroso fue 0,021629 Gg N₂O/año; por otro lado, la generación total de huella de carbono fue 6,74493 Gg CO₂ eq/año, donde las emisiones de N₂O representan el 95,56% del total y las emisiones de CH₄ solo el 4,44%. Se concluyó que el ganado bovino no lechero y el ganado bovino en general, emiten las mayores cantidades de CH₄, N₂O y CO₂ eq.

Palabras claves: huella de carbono, metano, óxido nitroso.

Abstract

The research was carried out at the Calzada Cattle Farm. The general objective was to "Estimate the carbon footprint generated by cattle raising at the Calzada Livestock Farm". The methodology used was the one established in the "Technical Guide HC Peru: Manual of methodologies for calculating GHG emissions, prepared and approved by the Peruvian Ministry of the Environment". The population and type of livestock in the study area were characterized using observation techniques and a data collection form. The methane emissions from enteric fermentation and manure management and the nitrous oxide emissions from manure management were then estimated using emission factors for the different types of livestock; finally, using the global warming potential values for both gases, the carbon footprint of the farm was estimated. It was determined that methane emissions from enteric fermentation were 0.010443 Gg CH₄/year and from manure management 0.000251 Gg CH₄/year, for a total of 0.01069 Gg CH₄/year; nitrous oxide emissions were 0.021629 Gg N₂O/year. On the other hand, the total carbon footprint generation was 6.74493 Gg CO₂ eq/year, where N₂O emissions represent 95.56% of the total and CH₄ emissions only 4.44%. It was concluded that non-dairy cattle and cattle in general emit the highest amounts of CH₄, N₂O and CO₂ eq.

Keywords: carbon footprint, methane, nitrous oxide.



Introducción

El alto crecimiento de la población humana y a su vez la expansión industrial ha provocado un aumento histórico imprescindible de la contaminación ambiental, lo cual ha generado la preocupación a nivel mundial que está causando las actividades derivadas de producción animal. La ganadería es una fuente muy importante de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) en el mundo.

Dependiendo de la metodología utilizada para la cuantificación y del ejemplar de emisiones estudiadas, diferentes organismos (IPCC, FAO, EPA, etc.) han estimado que la contribución de sector ganadero a las emisiones mundiales antropogénicas representa entre el 7 y el 18 % de las emisiones totales de GEI en el mundo. El ganado contribuye con el cambio climático al emitir GEI, bien sea directamente (a través de la fermentación entérica o el manejo de estiércol) o indirectamente (por las actividades desarrolladas durante la producción de piensos y la conversión de bosques en pastizales). Se ha calculado, con base en el análisis del ciclo de vida (ACV), que el sector emite aproximadamente 7,1 Gt de CO₂-eq/año (Hristov et al., 2013).

Como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 2016 a nivel mundial, el número de cabezas de ganado a alcanzando un inventario bovino de 1684 millones de cabezas en 2012. De este total, Perú participa con 5 578 388 cabezas de ganados ubicándose en Sudamérica en la octava posición de productores de ganado.

El desconocimiento de la huella de carbono generando por la crianza de ganado trae consigo un crecimiento incontrolado de tala y/o quema de bosques por parte de los ganaderos para el establecimiento de pasturas y forrajes para la alimentación del ganado, a su vez esto hace que el número de cabezas aumente considerablemente año tras año. Conocer la huella de carbono permite ofrecer estrategias y mecanismos innovadores que se apliquen en esta actividad (como la siembra de otras especies de pastos, crianza de tipos de ganado que generen menor cantidad de GEI, nuevos sistemas de manejo de estiércol, etc.) ya que simplemente no se puede actuar frente a lo desconocido.

En este mismo sentido, es importante mencionar que la ganadería en Perú es una de las actividades históricamente más importantes del sector agropecuario. Este sector contribuye, de acuerdo a cifras de 2014, con 5,3 % del PBI nacional, donde se incluye las actividades agrícolas, ganaderas, de caza y silvicultura. El 30,1 % del territorio peruano es utilizado para el desarrollo de actividades agropecuarias, las cuales se incrementaron en un 9,5 % entre 2004 y 2012 (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2013).

Una característica especial con relación a Perú es que son pocos los estudios enfocados a analizar esos impactos ambientales negativos causados por la ganadería, salvo algunas iniciativas que estudian de manera global a la agricultura, aún es incipiente el nivel de investigación que permitan determinar el impacto real que tiene la producción ganadera sobre el medio ambiente y los recursos naturales en el país.

Por lo anterior, es importante señalar que las políticas actuales referente a la revolución productiva del departamento de San Martín pretenden que la crianza de ganado se intensifique constituyéndose en un elemento presente en cualquier unidad productiva rural, en este sentido, la ganadería es parte fundamental de la vida campesina y constituye una fuente importante de ingreso económico representada por: la producción lechera a pequeña escala para autoconsumo y venta de excedentes, fuente de abono orgánico, y fuerza de trabajo en algunos casos.

En el distrito de Calzada se encuentra ubicada la Granja Ganadera Calzada representada por el Gobierno Regional de San Martín. Unidad que representa a la región en la crianza de ganado, por ende, se plantea estimar las emisiones de GEI generadas en la crianza de ganado en este establecimiento con el fin de evaluar el impacto derivado de esta actividad tratando de inferir el impacto real de este sector sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

Bajo este contexto, el problema de investigación planteado fue ¿Cuál es la estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada?, cuyo objetivo principal fue “Estimar la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada”, con los objetivos específicos: 1ro: Caracterizar el tipo de ganado y la población existente en la Granja Ganadera Calzada; 2do: Estimar las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada; 3ro: Estimar las emisiones de óxido nitroso (N₂O)

generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada, y; 4to: Calcular el total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y determinar el tipo de ganado que genera más huella de carbono en la Granja Ganadera Calzada.

El presente informe se estructura en tres capítulos, en el primer capítulo se presentan los antecedentes, marco teórico y antecedentes de investigación; en el segundo capítulo, se presenta la materiales y métodos empleados, y; por último, en el tercer capítulo se presentan los resultados por cada objetivo específico, además de la discusión de resultados.

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Antecedentes de la investigación

A nivel internacional

Márquez (2021), en su investigación de posgrado titulado “Estimación de la huella de carbono proveniente de la fermentación entérica y gestión del estiércol de rumiantes en la media y alta Guajira”, bajo las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) identificó factores de emisión para ovinos, caprinos y bovinos. Como resultados en base a las estimaciones menciona que las mayores emisiones lo generan los caprinos con 5,84 t de CH₄ año⁻¹, seguido con 3,27 t de CH₄ año⁻¹ por los ovinos, en tanto, las emisiones para otros bovinos y bovinos en ordeño fueron de 1,92 y 1,71 t de CH₄ año⁻¹, cuyas estimaciones comprenden a 2444 ovinos, 214 bovinos y 3486 caprinos. Concluye que la fermentación entérica es la que más metano emite al ambiente, representando el 81% de las emisiones de GEI en su área de estudio.

Habib & Khan (2018), en Pakistán evaluaron las emisiones de GEI generados por el sector ganadero e identificaron técnicas factibles para la reducción potencial de las emisiones de GEI. Estimaron que el sector ganadero emitió al año un total de 404,2 millones de CO₂ eq, de los cuales el 70% fue metano, 22,8% el óxido nitroso y 6,6% el dióxido de carbono; las contribuciones por parte del uso de energía, gestión del estiércol y el procesamiento y producción de alimentos fue de 1, 11 y 25% respectivamente; la huella de carbono de la carne de vacuno y cordero fue 606,4 con respecto al promedio mundial de 235 kg CO₂ eq/kg de proteína de carne, y de la leche de vaca y búfala la huella de carbono fue 184,9 frente al promedio mundial de 110,0 235 kg CO₂ eq/kg de proteína de leche; por otro lado, la emisión de la carne de pollo y huevos resultaron ser los más bajos con cantidad de 49,6 y 20,8 kg CO₂ eq/kg de proteína en comparación a los promedios mundiales. Concluyó que los tipos de ganados que generaron mayores emisiones en orden descendente fueron los búfalos, ganado vacuno, caprino, ovino y avícola.

Páez (2015), en la ciudad de Tunja ubicado en la región centro de Boyacá en Colombia, desarrolló su investigación con el objetivo de evaluar el impacto ambiental generado

por la producción ganadera bovina, para lo cual estimó la huella de carbono y huella hídrica del tipo de sistema de producción ganadera mencionado. Determinó que por cada litro de leche que se produjo la generación de huella de carbono estimado se encontró en una variación de 0,3276 y 9,021 kg de CO₂ eq, en función a las 55 unidades productivas evaluadas, donde se percibió una variación amplia. Mencionado autor concluyó que una de las principales fuentes de emisión de los gases de efecto invernadero (GEI) es la fermentación entérica.

Rivera et al. (2015), estimaron la huella de carbono generado en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) y convencionales (SC), para ello analizaron en tres sistemas de cada tipo para la determinación de la huella de carbono. La metodología empleada fue la propuesta por la ISO 14044 y 14040. Determinaron que, en las fincas fue el gas metano (CH₄) que contribuye principalmente en la emisión de CO₂ eq, cuyo aporte fue del 65% del total de gases, en tanto, el CO₂ con una representación del 70% fue el gas con mayor relevancia. En zonas de altura la huella de carbono fue para SSPi 1,87 kg de CO₂ eq/kg de leche y para SC 2,05 kg de CO₂ eq/kg de leche, en la zona de seco bajo las cantidades de huella fueron 1,96 y 2,19 kg de CO₂ eq/kg de leche para SSPi y SC respectivamente, por último, en la zona ácida baja la huella de carbono fue 2,55 y 5,05 kg de CO₂ eq/kg de leche para SSPi y SC respectivamente.

A nivel nacional

Lermo (2022), en la región Puno determinó la huella de carbono generado por la producción de leche bovina mediante un sistema con Alfalfa. Para ello, el mencionado autor usó las pautas de la ISO 14040 y 14044, y también las pautas de la IDF, haciendo cálculos en unidades de kg de equivalentes de CO₂ por kg de leche corregida con proteína y grasa (LCGP). La muestra estuvo conformada por 16 ganaderos de distritos como Ayavari, Taraco, Paucarcolla y Ácora. Como resultados encontraron que la producción de leche fue $3366,27 \pm 976,22$ kg LCGP, el promedio de la huella de carbono fue $1,03 \pm 0,14$ kg CO₂-eq/ LCGP, donde la mayor producción de leche y la mayor huella de carbono fue determinado en Ayavari. Concluyó que, con un aporte de $7,64 \pm 8,7$ kg CH₄/vaca/año equivalente a $78,2 \pm 3,7\%$ el impacto mayor de los sistemas extensivos es generado por la fermentación entérica de los ganados, por lo cual resulta necesario mejorar considerablemente la calidad de dieta de los animales, con lo cual se

mejorará la productividad del animal, a fin de generar una reducción en la huella de carbono y también mejorar económicamente a los ganaderos.

Ocas (2019), en el fundo Cristo Rey perteneciente a Otuzco en Cajamarca, diseñó un estudio con el objetivo de estimar el metano generado por dos razas de ganados vacunos lecheros como son Brown Swiss y Holstein, con dos tipos de alimentación (pastura más concentrado y pastura). Analizó factores como características del animal, de la pastura, climáticas y para la determinación de emisiones de metano empleó el software LIFE SIM (Dairy v15.1). Como resultados encontró una elevada significancia con lo que respecta al factor raza, de los cuales el de tipo Holstein con 305,818 kg CH₄ vaca-1 año-1 fue el que emite mayor metano, con diferencia de 54,698 kg CH₄ vaca-1 año-1 referente a la raza Brown Swiss.

Alvarado (2018), durante dos épocas del año (seca/agosto y lluviosa/marzo) determinó la emisión de metano de un total de 11 vacas lactantes de la especie Brown Swiss pastoreando alfalfa y avena. Empleó la metodología del gas trazador hexafluoruro de azufre y fueron comparadas usando la prueba T-pareada, donde se midieron las emisiones durante 7 días seguidos. Como resultados encontraron que la digestibilidad de la dieta tuvo una variación significativa entre las estaciones, con respecto a las emisiones de metano entérico (g/d) resultaron de diferentes significativos entre las estaciones, resultando ser mucho más en la época lluviosa durante la lactancia temprana ($322 \pm 70,6$) y menorando en la época seca durante la lactancia tardía ($274 \pm 64,0$); por otro lado, las emisiones de metano entérico por unidad de alimento consumido (g/kg de CMS) fue menor de manera significativa durante la época lluviosa ($24,3 \pm 5,3$) a diferencia de la época seca ($28,2 \pm 6,6$), sucediendo similar en las emisiones de metano entérico por unidad de leche corregida a energía (g/kg de LCE), siendo mayor en la estación seca ($27,5 \pm 6,4$) en comparación a la lluviosa ($24,6 \pm 5,4$).

A nivel regional y local

Ruiz et al. (2022), en la región San Martín estimaron la huella de carbono de la producción de leche (kg de CO₂ equivalentes (CO₂ e) por kg de leche corregida por grasa y proteína (FPCM)). Para la determinación de las emisiones de GEI usaron las ecuaciones de acuerdo al refinamiento de 2019 sobre las directrices del IPCC del 2006. Como resultados encontraron que la producción promedio de leche fue de $9,7 \pm 0,82$ L

leche/vaca/día; por otro lado, con respecto a la huella de carbono determinó un dato promedio de $2,26 \pm 0,49$ kg CO₂ e/kg FPCM, de los cuales la fermentación entérica con un aporte de $1,81 \pm 0,51$ kg CO₂ e/kg FPCM fue la fuente más importante, seguido de cantidades de $0,26 \pm 0,06$, $0,14 \pm 0,04$ y $0,05 \pm 0,04$ kg CO₂ e/kg FPCM para el manejo de estiércol, uso de suelo y además de transporte/energía respectivamente; asimismo, encontraron diferencias significativas entre los agricultores, donde las cantidades más bajas de huella de carbono ($1,76$ vs $3,09$ kg CO₂ e/kg FPCM) fueron en granjas con mayores niveles de producción, mejor calidad de alimento y porcentajes mayores de animales lactantes a diferencias de las vacas secas. Concluyeron que, una forma de reducción de las emisiones es mejorando las actuales prácticas de alimentación.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Cambio climático: tendencias y perspectivas

Actualmente, el cambio climático originado por el hombre resulta ser un acto comprobado, cuyas consecuencias en el ambiente se han convertido en procesos de investigación (Steinfeld et al., 2009).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), refiere que el efecto invernadero es conocido como el fenómeno de origen natural que influye de manera directa en la regulación de la temperatura, sin este el promedio de la temperatura de la tierra sería de -6 °C y no de 15 °C (Steinfeld et al., 2009). Entre los principales gases de efecto invernadero que guardan relación con este proceso destacan el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O) y los clorofluorocarbonos (Romero, 2015).

Se denomina al cambio climático como una variación habitual del clima de un determinado lugar. Esto puede normalmente ser una variación de lluvia diferente a lo presentado en un lugar, o bien puede ser la variación de la habitual temperatura en un determinado lugar a lo largo de un periodo como estación o mes. Durante unas horas el tiempo puede cambiarse, en tanto, el clima demora en cambiar durante cientos o millones de años (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2014).

Entre los efectos negativos generados por el cambio climático se encuentran las alteraciones a la salud física y mental de los seres humanos a nivel mundial y en diferentes regiones respectivamente. Los impactos en la salud que tiende a generar el cambio climático se encuentran mediado por sistemas humanos y naturales, donde además se incluye las perturbaciones y condiciones sociales y económicas. En el total de regiones, los efectos de calor extremo resaltan en la morbilidad y mortalidad humana. Es así que la influencia de enfermedades que son transmitidos por el agua y alimentos relacionados al clima se han incrementado considerablemente. Por otro lado, la influencia de enfermedades transmitidas por los vectores también se ha incrementado por el aumento o expansión del rango reproductivo de los vectores de enfermedades (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2022).

En el período transcurrido desde la Revolución Industrial, las emisiones humanas de gases de efecto invernadero provenientes de la quema de combustibles fósiles, la deforestación y las prácticas agrícolas han provocado el calentamiento global y el cambio climático. Los cambios observados y anticipados en el clima incluyen temperaturas más altas, cambios en los patrones de lluvia, cambios en la frecuencia y distribución de eventos climáticos como sequías, tormentas, inundaciones y olas de calor, aumento del nivel del mar y los consiguientes impactos en los sistemas humanos y naturales (Riedy, 2016).

Muchos científicos argumentan que los impactos del cambio climático serán devastadores para los sistemas humanos y naturales, y que el cambio climático representa una amenaza existencial para la civilización humana. Sin embargo, la acción para responder al cambio climático ha sido lenta. El cambio climático llama la atención sobre la relación entre la ciencia y la sociedad, desafía a las instituciones de gobernanza global, y desencadena nuevos movimientos sociales. El compromiso de los científicos sociales con el cambio climático está impulsando una renovación conceptual en áreas como la teoría de la práctica social y los estudios de transición y transformación (Riedy, 2016).

1.2.2. Los gases de efecto invernadero (GEI)

Se conoce a los GEI como componentes de origen gaseoso que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación infrarroja, la existencia de los gases en la atmósfera incide en el incremento del efecto invernadero (Cardenas, 2017).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA, 2022a) define a los GEI como aquellos gases que en la atmósfera atrapan el calor. La abundancia o concentración es la cantidad en el aire de un gas específico, los mismos que se miden en partes por millón, también en partes por mil millones e inclusive en partes por mil billones, donde una parte por millón es equivalente a una gota de agua diluida aproximadamente en 50 L de líquido.

En la atmósfera existe una gran cantidad de compuestos químicos que actúan como gases de efecto invernadero, los cuales facilitan que la luz solar (radiación de onda corta) traspase de manera libre a través de la atmósfera de la tierra. La superficie terrestre en estado caliente libera el calor como forma de luz infrarroja (radiación de onda larga) no visible para la vista del ser humano (Climate Central and Sally Ride Science, 2010).

Los GEI pueden encontrarse de forma natural en la naturaleza y/o ambiente, pero debido a las actividades antrópicas la cantidad de los gases ha aumentado considerablemente y al mismo tiempo se han originado otro tipo de gases artificiales a consecuencia de los procesos industriales, los cuales contribuyen al efecto invernadero de acuerdo a la cantidad y estructura de las moléculas del gas (Hermosilla, 2014).

Cada uno de los diferentes gases puede mantenerse en la atmósfera a lo largo de diversos periodos, desde pocos hasta miles de años, permaneciendo el suficiente tiempo que los permita combinarse bien, lo que refiere que la porción media en la atmósfera resulta ser relativamente igual a nivel mundial, de manera independiente de la fuente emisora (EPA, 2022a).

Entre los gases de efecto invernadero más importantes a nivel mundial, se encuentran los siguientes:

i. Dióxido de carbono (CO₂)

Para Cardenas (2017), es el principal gas que ocasiona el calentamiento global, tiene como origen el aumento de la combustión de los combustibles fósiles, como también el incremento de procesos industriales como es la producción de cal, cemento, aluminio, acero, amoniaco, etc. Al mismo tiempo, este tipo de gas se genera por la deforestación, quema de vegetación, descomposición de la materia orgánica.

El CO₂ es el cuarto componente que más abunda en el aire seco. La concentración de este gas en la atmósfera es de más de 400 ppm. La concentración antes del desarrollo de la actividad industrial fue de 270 ppm, es ante ello, que las cantidades de CO₂ se han incrementado en la atmósfera en aproximadamente 40% a partir del inicio de la revolución industrial, la cual genera un incremento de la temperatura de la tierra (Center for Science Education [UCAR], 2022).

La contribución aproximada del CO₂ al forzamiento radiactivo es del 64%, este gas es liberado de manera natural mediante respiración vegetal y animal, erupciones volcánicas, no obstante, es el más importante gas generado por la acción antrópica aumentando la cantidad de este en un 30%

ii. Metano (CH₄)

El metano es un gas emitido por procesos de producción y transporte de petróleo, gas natural y de carbón. Asimismo, se suele producir metano mediante el desarrollo de prácticas ganaderas y agrícolas, como también por la descomposición de residuos de tipo orgánicos en instalaciones de rellenos sanitarios de residuos sólidos (EPA, 2022a).

Es un gas inodoro e incoloro, del cual su punto óptima de fusión y de ebullición es de 184 y 164 °C respectivamente (Hopp, 1994). Es el segundo gas de mayor importancia dentro del calentamiento global, es generado de manera natural y también por la acción humana, el cual hace que sea la causa principal de la alteración climática (Cardenas, 2017).

iii. Óxido nitroso (N₂O)

El óxido nitroso puede resultar por consecuencia de diferentes actividades de manejo de suelos agrícolas y prácticas de cultivo, de la quema de residuos o también del manejo de estiércol. También se emite N₂O por la quema de combustibles donde la cantidad emitida depende de la tecnología de combustión y del tipo de combustible. Asimismo, se genera por la derivación del proceso de producción de sustancias químicas como es el caso de ácido nítrico, que es empleado en la producción de fertilizante comercial de tipo sintético y también en la producción de ácido adípico. Por otro lado, se genera N₂O por procesos de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico durante las actividades de desnitrificación y nitrificación de la cantidad de nitrógeno, normalmente como forma de proteínas, amoníaco y urea (EPA, 2022b).

A partir de la época preindustrial a la actualidad las cantidades de N₂O se han incrementado considerablemente en el ambiente, pasando en 2007 de 270 hasta 315 ppb. En un periodo de 100 años, una molécula característica de este tipo de gas cuenta con un potencial de calentamiento global de 298 veces que una molécula del gas CO₂ (IPCC, 2007). Al año, aproximadamente 1,5 tera gramos de nitrógeno se inyectan de forma directa a la atmosfera bajo la manera de N₂O, donde la aplicación en áreas agrícolas de los fertilizantes es el 15,8% de este tipo de emisiones (Ciampitti et al., 2005).

iv. Perfluorocarbono (PFCs)

Los perfluorocarbonos (PFCs) se conocen como moléculas de origen sintético, inertes químicamente, que cuentan con átomos de flúor y de carbono; asimismo, son líquidos incoloros y claros con la capacidad de disolver físicamente porciones significativas de diferentes gases, entre los que se encuentran el dióxido de carbono, oxígeno, óxido nitroso y monóxido de carbono (Cabrales, 2006).

La más importante fuente emisora de este tipo de gas es en el proceso productivo de aluminio, incineración de cerámicas, plásticos, elaboración de semiconductores en la producción de circuitos integrados, como también en

sistemas de extinción de los incendios. La larga exposición a este gas puede generar alteraciones de carácter significativo en el corazón y cerebro (Cardenas, 2017).

v. Hidrofluorocarbono (HFC)

Son derivados halogenados sin la presencia en su molécula oxidante del cloro, en capas bajas de la atmósfera tiene una gran rapidez. Los HFC se consideran como gases que tienen un potencial nulo de alteración o daño en la capa de ozono, presentando un efecto ligero en el calentamiento de la tierra. Típicamente, se emplean en sistemas nuevos, los mismos que se diseñan de manera específica para ser usados. Para la lubricación, estos refrigerantes necesitan de aceites especiales sintéticos, motivo por el cual, no deben ser mezclados con lubricantes con alcalilbenzeno y aceites minerales. Son empleados como reemplazantes de los HCFC y CFC (Plazas, 2012).

vi. Hexafluoruro de azufre (SF₆)

Compuesto inorgánico cuya formula molecular es SF₆, el mismo que en condiciones normales de temperatura y presión es un gas no inflamable, no tóxico, inodoro e incoloro, es más pesado que el aire hasta en 5 veces, cuya densidad a una atmósfera de presión es de 6,13 g/L (Sánchez, 2019).

Es un gas que se caracteriza por su permanente periodo largo en el ambiente y también por su densidad elevada, ya que es más pesado con referencia al aire, es ante ello que no asciende a las altas capas atmosféricas. Es un gas que se genera por la producción de magnesio fundido, aluminio, en las fugas de electrodomésticos de voltaje elevado y también de componentes aislantes, se conoce como un imprescindible elemento dentro de la industria eléctrica (Cardenas, 2017).

1.2.3. Huella de carbono

Se define a la huella de carbono como medición del impacto ocasionado por la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) generados por nuestras propias acciones y/o actividades (productivas, eventuales, colectivas e individuales) en el ambiente. Hace referencia a la porción en unidades de kilos o toneladas de

dióxido de carbono equivalente (CO₂ eq) de GEI, generado a diario mediante la quema de combustibles fósiles para la calefacción, para producir energía, transporte, entre otros procesos más. Su respectivo cálculo toma en referencia a los principios correspondientes al protocolo de emisiones de GEI o también a la norma ISO 14064 donde se incorporan las metodologías (Schneider & Samaniego, 2010).

Para Hermosilla (2014), la huella de carbono es una herramienta que mide el total de GEI emitidos de manera directa e indirecta por las personas, organizaciones, productos o eventos. Puede enfocarse de diferentes maneras: para la organización-producto es decir mixto, para una entidad o para un producto, siendo la ventaja del enfoque mixto que es ajustable a instalaciones correspondientes a la organización que de manera voluntaria fue sometida a cálculos.

Por otra parte, de acuerdo a Wackernagel & Rees (1996), la huella de carbono tiene su origen en el concepto de huella ecológica, la misma que representa a los flujos de materia y energía a partir y hacia cualquier tipo de economía previamente definida, traduciéndolos en el área de agua o tierra correspondiente necesitado por la naturaleza para el soporte de los flujos.

Asimismo, se configura como indicador de desempeño referente a los términos ecoeficientes, logrando el establecimiento de una línea base de emisiones y logros próximos y futuros pertenecientes a la producción sustentable y también a políticas reductoras de emisiones efectivas, con lo cual es posible aportar en el equilibrio ambiental a nivel mundial y también en la responsabilidad social corporativa (Cordero, 2011).

Los principales componentes característicos de un habitante que genera huella de carbono en países desarrollados, de los cuales un mayor porcentaje se generan en los hogares, con el consumo de carbón, Diesel y gas, seguido de la recreación y tiempo libre, el consumo eléctrico en las viviendas, los servicios públicos, el transporte privado, construcción y accesorios de casas, la creación y venta de automóviles, entre otros (ver Anexo 3, Figura 21) (Schneider & Samaniego, 2010).

Existen tres ámbitos de emisiones de huella de carbono:

- i. En el primer ámbito se encuentran las emisiones directas, a partir de fuentes controladas o propias de las empresas, entre las cuales se encuentran, las derivaciones de procesos químicos o por la quema de combustibles (WBCSD & WRI, 2004).
- ii. En el segundo ámbito se encuentran las emisiones indirectas que se derivan de la generación, de terceros, de vapor, calor o energía (resulta ser indirecta a pesar de que sea ocasionado por las acciones de la empresa pero que son controlados o generados por terceros) (WBCSD & WRI, 2004).
- iii. En cambio, en el tercer ámbito se encuentran las emisiones indirectas ocasionadas por el desarrollo de actividades de la organización pero que suceden afuera de esta, la misma que no los controla o genera, como es el caso de los viajes, la gestión y la disposición de los residuos, también la creación de insumos, entre otros (ver Anexo 3, Figura 22) (WBCSD & WRI, 2004).

1.2.4. Metodologías para calcular la huella de carbono

Se crearon diversas metodologías a fin de estandarizar la huella de carbono, al momento de medir, calcular o seguir, cuyo objetivo se sustenta en la extrapolación de la información obtenida, además de otras distintas razones, lo cual permita dar fiabilidad a los entre dichos de reducción o eliminación de GEI (Hermosilla, 2014).

De acuerdo al objetivo del alcance o del estudio, la metodología a aplicar podría considerar tres enfoques que son: huella de carbono mixta, de productos y de corporaciones. Desde el punto de vista de producto como de organización, a continuación, se presentan las más representativas metodologías seleccionadas de manera voluntaria por organizaciones y empresas (Tabla 1) (Hermosilla, 2014).

Tabla 1

Metodologías más aplicadas en Europa y a nivel mundial para calcular la huella de carbono

Metodología	Ámbito de aplicación	Enfoque
US GHG Protocol Public Sector Standard	Aplicación de forma voluntaria y por ámbito USA y al sector público.	
French Bilan Carbone	Aplicación en el ámbito europeo y voluntario, reconocido ampliamente.	
Carbon Disclosure Project (CDP)	Aplicación a nivel global y voluntario, adoptada ampliamente.	
UK Carbon Reduction Commitment (CRC)	Aplicación a nivel europeo y obligatorio, cubre a los emisores pequeños.	
WBCSD/WRI GHG Protocol Corporate Standard	Aplicación a nivel mundial y voluntario, reconocido ampliamente y base para otros estándares.	Organización
US EPA Climate Leaders Inventory Guidance	Aplicación en el ámbito de USA y voluntario, provee de incentivos.	
DEFRA Company GHG Guidance	Aplicación a nivel europeo y voluntario, reconocido ampliamente.	
ISO 14064: 2006 (partes 1 y 3)	Aplicación global y de forma voluntaria, estándar verificable a nivel internacional.	
BP X30-323	Procedencia Francia y aplicación voluntaria.	
PAS 2050	Procedencia UK y aplicación voluntaria.	
Climate Certification System	Procedencia Suecia y aplicación voluntaria.	
ISO 14067	Ámbito global y aplicación voluntaria.	Producto
Carbon Footprint Program	Procedencia Japón y aplicación voluntaria.	
GHG Protocol-Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard	Ámbito global y aplicación voluntaria.	

Greenext	Procedencia Francia y aplicación voluntaria.
KOREA PCF	Metodología generada en Corea y aplicación voluntaria.
Climatop	Procedencia Suecia y aplicación voluntaria.
Carbon Index Casino	Procedencia Francia y aplicación voluntaria.

Fuente: Enfoques metodológicos para el cálculo de la huella de carbono.

1.2.5. La crianza del ganado relacionado a la emisión de GEI

En el mundo la más importante fuente emisora antrópica de metano (CH_4) es el ganado. Encontrándose entre animales domesticados, los de tipo rumiantes (camellos, cabras, ovejas, búfalos, bovinos) que generan significativas cantidades de CH_4 debido al proceso normal de digestión. En la zona del rumen, que de estos animales es el mayor de los pre-estómagos, los alimentos fibrosos son convertidos por la fermentación microbiana en productos con características de poder digerirse y utilizarse por este tipo de animal. Es así que este procedimiento de fermentación microbiana, que comúnmente es conocido como fermentación entérica, como subproducto genera CH_4 , que es exhalado por el animal. Asimismo, en el proceso de digestión de otro tipo de animales, inclusive en los humanos, también se genera CH_4 (EPA, 2005).

Las emisiones de CH_4 que se generan por fermentación entérica muestran a nivel espacial variaciones importantes. Por ejemplo, en 1994 en Brasil las emisiones generaron un total de 9,4 millones de toneladas, equivalente a 93% de emisiones agrícolas y 72% de emisiones de CH_4 a nivel nacional, de los cuales el ganado de carne genera más del 80% de estas emisiones (Steinfeld et al., 2009).

Dicha variación da a conocer que las emisiones de CH_4 se encuentran determinados por las características regionales y por sistemas productivos. A nivel de emisiones, muestra incidencia la ingesta de energía, además de otros factores que tienen relación con las dietas y los animales (cantidad de ejercicio, edad del animal, peso vivo, calidad y cantidad del pienso). Asimismo, existen

variaciones entre individuos de especies iguales y también entre las especies animales (Del Real et al., 2015).

También se llega a liberar metano a la atmósfera mediante la descomposición anaeróbica generado en el componente orgánico del estiércol de los ganados. Esto principalmente sucede cuando el estiércol del ganado es manejado en instalaciones como tanques o lagunas de forma líquida. Este tipo de fuente de emisión se encuentra influenciado por diferentes factores, los mismos que alteran el desarrollo de las bacterias que son responsables de la creación de metano, entre los factores se destacan, el tiempo de almacenamiento, la humedad y la temperatura ambiental (Steinfeld et al., 2009).

Por otro lado, los niveles de CH_4 generados dependen también de las cantidades de energía del estiércol, el mismo que se encuentra en gran medida determinado por dieta del ganado. Es así que, cantidades mayores de metano son generados por cantidades mayores de estiércol, a pesar de ello, se debe tomar en consideración que los piensos con cantidades más altas de energía generan estiércol con sólidos más volátiles, incrementando de esta manera el sustrato del cual se genera el metano. No obstante, este impacto se compensa hasta un cierto punto debido a la posibilidad de alcanzar los piensos más digeribles y con ello un desperdicio de energía mucho menor (USDA, 2004).

En emisiones nacionales existe una mayor participación de la agricultura en Colombia, seguido de Perú, Ecuador y Bolivia, con respecto a las emisiones nacionales de participación ganadera se encuentra primero Colombia, seguido de Bolivia, Perú y al último Ecuador, finalmente las emisiones nacionales con la participación de la fermentación entérica se encuentra también primero Colombia, luego Bolivia, Perú y Ecuador (Tabla 2) (Haro & Gómez, 2018).

Tabla 2

Emisiones nacionales de participación ganadera de los países de Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia

Criterio	Unidad	Perú^a	Ecuador^b	Colombia^c	Bolivia^d
Participación de la fermentación entérica en emisiones a nivel nacional.	%	8,8	8,0	9,9	14,0
Participación de la ganadería en emisiones a nivel nacional.	Gg CO ₂ -eq	11,005	6,433	22,158	11,958
Participación de la agricultura en emisiones a nivel nacional.	%	10,2	8,5	11,0	15,5
	Gg CO ₂ -eq	12,669	6,815	24,230	13,185
	%	21,0	18,0	16,3	16,5
	Gg CO ₂ -eq	26,051	14,516	66,883	14,063

Fuente: a. MINAM, (2014), b. MAE, (2016), c. IDEAM et al., (2015), d. MMAyA, (2009).

En Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia la fermentación entérica contribuye con emisiones a nivel nacional entre 8 y 14 %. Forma parte del 86 y 94% de las emisiones del ámbito ganadero, siendo los ganados de tipo vacuno la especie con una contribución mayor (Haro & Gómez, 2018).

1.2.5.1. Impacto de la crianza del ganado

A nivel mundial, de acuerdo a la FAO el desarrollo de actividades pecuarias aporta el 18% de GEI con respecto al total de emisiones de carácter antropogénico, los cuales provienen de los principales cinco sectores emisores de este tipo de gases: agricultura, silvicultura, uso de tierra, residuos, industria y energía. Solamente considerando los primeros dos sectores, la participación pecuaria se encuentra por sobre el 50% y considerando de forma exclusiva solo el sector agrícola, el ámbito pecuario genera alrededor del 80% de la totalidad de emisiones. A continuación, se da a conocer un resumen acerca de los GEI principales, generados por el sector ganadero.

Metano (CH₄)

Desde hace bastante tiempo, el papel del sector ganadero en la emisión de metano es muy conocido. El manejo de estiércol y la fermentación entérica producen alrededor del 80% de emisiones de CH₄ proveniente del sector agrícola y alrededor del 35 a 40% de la totalidad de emisiones antrópicas de CH₄. Sin embargo, las emisiones de CH₄ y de estiércol de animales, si bien en términos absolutos son relativamente más bajas, resultan ser considerables y al mismo tiempo vienen creciendo de manera rápida (Cavallotti et al., 2012).

Óxido nitroso (N₂O)

El desarrollo de actividades pecuarias en gran dimensión contribuye a la generación de N₂O, el cual es mucho más potente de los principales tres GEI. Se estima que el ganado aporta del total de emisiones antrópicas casi las dos terceras de N₂O y con respecto a las emisiones agrícolas entre 75 y 80%. De esta forma, las actuales tendencias sugieren que estas cantidades aumentarían considerablemente en las épocas venideras (Cavallotti et al., 2012).

1.3. Definición de términos básicos**Calentamiento global**

Gradual aumento de la temperatura de la tierra a consecuencia de la capacidad radiante de las emisiones antrópicas de los gases (Haro & Gómez, 2018).

CO₂ equivalente (CO₂-eq)

Unidad de medida universal que da a conocer el potencial de calentamiento global (PCG) de los 6 GEI, cuya expresión es en términos de PCG de una unidad de bióxido de carbono; asimismo, es empleado para evaluar la liberación de diversos tipos de GEI contra un denominador común (Ranganathan et al., 2005).

Digestibilidad

Cantidad de alimento consumido y que es absorbido a través del tracto digestivo y que a la vez no se elimina mediante las excretas (Haro & Gómez, 2018).

Emisiones del ganado doméstico

El MINAM (2020), considera a estas las “emisiones por fermentación entérica y manejo de estiércol producidas por el ganado doméstico, expresado en t de CH₄” (p.21).

Fermentación entérica

Tipo de emisiones de metano, generados durante el proceso digestivo del ganado doméstico (MINAM, 2020).

Gases de efecto invernadero

Son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de carbono (SF₆) (Grijalbo, 2016).

Manejo de estiércol

Tipo de emisiones de metano, generados durante el proceso digestivo del ganado doméstico (MINAM, 2020).

Potencial de calentamiento global

Kean et al. (2013), refiere que es un “factor que describe el impacto de la fuerza de radiación (grado de daño a la atmósfera) de una unidad de un determinado GEI en relación a una unidad de CO₂”. (p.118).

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

Medios de transporte	:	Vehículos para transporte terrestre (Moto lineal).
Equipos	:	GPS, laptop, impresora, cámara digital.
Formatos	:	Fichas de registro de datos, planos de ubicación y distribución de la Granja Ganadera Calzada, formularios impresos.
Indumentaria de protección:	:	Mascarillas, capas impermeables, pantalón largo, camisa manga larga, zapato de seguridad, botas de jebe.
Otros materiales	:	Tablero acrílico, USB, material de escritorio (papel A4, plumones, lapiceros, etc.).

2.2. Métodos

2.2.1. Técnicas de recolección de datos

La recolección de datos se realizó haciendo uso de la técnica de observación directa en campo empleando fichas de registros de datos, comenzando con la identificación de los tipos de ganados y la cantidad poblacional de cada uno de estos, datos básicos e indispensables que permitieron dar cumplimiento a cada uno de objetivos específicos planteados.

Es pertinente mencionar que el cálculo de las emisiones de huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera de Calzada, se enmarcó en el estudio de fuentes de emisiones directas.

También se empleó información secundaria, para ello resulto necesario la revisión de diversos documentos como tesis, revistas, artículos científicos, entre otros, referidos a las variables de estudio y al tema estudiado.

2.2.2. Caracterizar la población y el tipo de ganado existente en la Granja Ganadera Calzada

El desarrollo de este objetivo se fundamentó principalmente en el trabajo de campo mediante la observación y empleando una ficha de registro de datos, información que además fue corroborada por la autoridad correspondiente de la Granja Ganadera Calzada, este objetivo fue desarrollado durante todo un mes desde el 01 al 28 de febrero del 2022.

2.2.3. Estimar las emisiones de CH₄ por fermentación entérica y manejo de estiércol generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada

El método utilizado para el desarrollo de este objetivo es la que está modelada en la Guía Técnica HC Perú: Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI, elaborada y aprobada por el Ministerio del Ambiente del Perú.

Para calcular las emisiones de metano (CH₄) generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada, se realizó de la siguiente manera:

Estimación de metano para fermentación entérica y manejo de estiércol

Consiste en estimar cuánto metano se está produciendo procedentes de la fermentación entérica del ganado y el metano proveniente del manejo de estiércol para este ganado, se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{Emisiones de ganado doméstico [tCH}_4\text{]} = \text{Fermentación entérica [tCH}_4\text{]} + \text{Manejo de estiércol [tCH}_4\text{]}$$

Además:

$$\text{Fermentación entérica} = \text{N}^\circ \text{ cabezas de ganado} \times \text{FE fermentación entérica}$$

$$\text{Manejo de estiércol} = \text{N}^\circ \text{ cabezas de ganado} \times \text{FE manejo de estiércol}$$

Donde:

- Emisiones de ganado doméstico: emisiones por fermentación entérica y manejo de estiércol producidas por el ganado doméstico, expresado en t de CH₄.
- Fermentación entérica: son las emisiones de CH₄, producidas en el proceso digestivo del ganado doméstico.
- Manejo de estiércol: son las emisiones de CH₄, producidas en el proceso del manejo de estiércol del ganado doméstico.
- N° de cabezas de ganado: Total de cabezas de ganado, contabilizadas en el año de medición de los GEI (miles/año).
- FE fermentación entérica: FE por fermentación entérica, expresado en Kg de CH₄/cabeza/año (Tabla 3 y 4).
- FE manejo de estiércol: FE por manejo de estiércol, expresado en Kg de CH₄/cabeza/año (Tabla 5 y 6).

Para el caso de ganados bovinos lecheros se consideró a los que al momento de la caracterización se encontraron en producción de leche y para el caso de bovinos no lecheros a los ganados de producción de carne (toros reproductores y terneras).

Tabla 3

Factores de emisión de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado (Kg de CH₄/cabeza/año)

Tipo de ganado	Países en desarrollo
Cabras	5
Ovejas	5
Mulas y asnos	10
Caballos	18

Nota: Todas las estimaciones son de \pm 20%

Fuente: Tabla 4-2 del Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

* Datos estimados según fórmula del IPCC-Guía de buenas prácticas (página 4.23).

Tabla 4

Factores de emisión de metano procedentes de la fermentación entérica del ganado vacuno (Kg de CH₄/cabeza/año)

Características regionales	Tipo de ganado	Factor de emisión (Kg/CH₄/año)	Comentarios
América Latina: Sector lácteo comercializado, basado en el pastoreo. Rebaños separados para carne, principalmente en pastoreo en pastizales y prados. Reducido número de animales criados en corrales de engorde y alimentos con grano. La cría de ganado vacuno constituye la mayor parte de la población.	Lechero	57	Producción media de leche de 800 Kg/cabeza/año.
	No lechero	49	Incluye vacas, toros y crías de raza para carne.

Fuente: Adaptado de tabla 4-3 del Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

Tabla 5

Factores de emisión de metano para el manejo de estiércol (Kg de CH₄/cabeza/año)

Tipo de ganado	Países en desarrollo		
	Frío	Templado	Cálido
Ovejas	0,10	0,16	0,21
Cabras	0,11	0,17	0,22
Caballos	1,09	1,64	2,18
Mulas y asnos	0,60	0,90	1,19
Aves de corral (b)	0,012	0,018	0,023

(b): Pollos, patos y pavos. Todas las estimaciones son \pm 20%.

NOTA: El rango de las estimaciones refleja climas que van de frío a cálidos. Atendiendo a la media anual de las temperaturas, se han definido regiones climáticas: Fría = inferior a 15°C;

Templada = de 15°C a 25°C; y Cálida = superior a 25°C. Las regiones frías, templadas y cálidas se han estimado utilizando factores de conversión en metano de 1%, 1.5 % y 2% respectivamente. Fuente: Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

Tabla 6

Factores de emisión de metano para el manejo de estiércol del ganado vacuno (Kg de CH₄/cabeza/año)

Características regionales	Tipo de ganado	Factores de emisión por región climática (Kg/cabeza/año)		
		Fría	Templada	Cálida
América Latina: Casi todo el estiércol de ganado se trata como sólido en pastizales y prados. El estiércol de búfalo se deposita en pastos y campos.	Ganado lechero	0	1	2
	Ganado no lechero	1	1	1

Fuente: Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

2.2.4. Estimar las emisiones de N₂O generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada

De igual manera, el método empleado para desarrollar este objetivo es la que está modelada en la Guía Técnica HC Perú: Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI, elaborada y aprobada por el Ministerio del Ambiente del Perú.

Para calcular las emisiones de N₂O generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada, se desarrolló de la siguiente manera:

Emisiones de N₂O por SME

Para el cálculo de las emisiones de N₂O es necesario el cálculo del nitrógeno excretado, expresado en Kg N/año, de acuerdo al tipo de ganado en relación al SME (sistema de manejo de estiércol) utilizado para este fin. La ecuación usada es la siguiente:

$$\text{Emisiones } \text{N}_2\text{O} = \text{Nitrógeno excretado SME} \times \text{FE}$$

Donde:

- Emisiones de N_2O : Emisiones en N_2O generadas por el nitrógeno excretado de acuerdo al SME utilizado [kg N_2O]
- Nitrógeno excretado SME : son los Kg de N excretado de acuerdo al SME utilizado [kg N/año]
- FE: Factor de emisión [kg N_2O N/kg N] (ver Anexo 1 y 2)

Para el caso de ganados bovinos lecheros se considera un factor de emisión de N_2O de 0,005 kg de N_2O -N/ kg de nitrógeno excretado debido a que este tipo de ganados excretan en el suelo del área de confinamiento y después los residuos son recolectados diariamente y almacenados semanalmente para luego ser empleados como abono en campo.

En el caso de los demás tipos de ganados se considera un factor de emisión de N_2O de 0,02 kg de N_2O -N/ kg de nitrógeno excretado debido a que los ganados depositan de forma directa sus excretas en el área de pastoreo donde pasan la mayor cantidad de horas del día, no aplicando ningún tipo de manejo de los desechos.

Asimismo, se realizó el cálculo del nitrógeno excretado (SME) para lo cual se desarrolló lo siguiente:

Nitrógeno en SME [KgN/año]

Consiste en estimar la cantidad de nitrógeno excretado en los diferentes tipos de SME, se utiliza la siguiente formula:

$$\text{N excretado (por tipo de SME)} = \text{N}^\circ \text{ cabezas de ganado} \times \text{N excretado por tipo de ganado} \times \text{Fracción de N estiércol según SME}$$

Donde:

- N excretado (por tipo de SME): es la cantidad anual de nitrógeno excretado, excretados según tipo de SME [KgN/año].
- N° de cabezas de ganado: Total de cabezas de ganado contabilizadas en el año de medición de los GEI [miles de cabezas/año].
- N excretado por tipo de ganado: nitrógeno excretado por tipo de ganado [KgN/cabeza/año] (Tabla 7).
- Fracción de N estiércol según SME: Es el porcentaje del N en el estiércol producido según tipo de SME (ver Anexo 3).

Tabla 7

Valores por defecto provisionales para el nitrógeno excretado por cabeza de animal (kg/animal/año)

Región	Tipo de animal				
	Ganado no lechero	Ganado lechero	Aves de corral	Ovejas	Otros
América Latina	40	70	0,6	12	40

Fuente: Adaptado de Tabla 4-6. Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

2.2.5. Calcular el total de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y determinar el tipo de ganado que genera más huella de carbono en la Granja Ganadera Calzada

Obtenido los resultados de emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), se procedió a calcular el total de emisiones en la granja y al mismo tiempo se determinó la huella de carbono, haciendo uso de la siguiente formula:

$$\text{Emisiones GEI [Gg CO}_2\text{e]} = \text{Emisiones de ganado domestico [Gg CH}_4\text{]} \times \text{GWPC}_4 + \text{Emisiones [Gg N}_2\text{O]} \times \text{GWPN}_2\text{O}$$

Donde:

- Emisiones GEI [Gg CO₂e]: Son las emisiones totales por crianza de animales.
- Emisiones de N₂O: Son las emisiones de óxido nitroso, expresadas en Gg de N₂O, producidas por el ganado doméstico en función al SME.

- Emisiones de ganado doméstico: Son aquellas emisiones de metano, que se expresan en Gg de CH₄ y que son producidas por el ganado doméstico.
- GWPC_{H4}: 28 (potencial de calentamiento global en un horizonte temporal de 100 años), para convertir Gg CH₄ a Gg CO₂-eq (Assessment, 2014 citado por Márquez, 2021).
- GWPN₂O: 298 (potencial de calentamiento global en un horizonte temporal de 100 años), para convertir Gg N₂O a Gg CO₂-eq (IPCC, 2007).

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Caracterización del tipo de ganado y la población existente en la Granja Ganadera Calzada

3.1.1. Caracterización del tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada

Tabla 8

Caracterización de tipos de ganado

Tipo de ganado	Clasificación de ganados
Bovino	Ganado bovino lechero (Holstein, Brown Swiss, Girolando) Ganado bovino no lechero (Brangus, Girolando, Brown Swiss)
Ovino	Ovejas (Raza Dorper)
Equino	Mulas y asno (Raza común o criolla) Caballos (Raza común o criolla)
Caprino	Cabras (Raza Saanem)

En la Granja Ganadera Calzada se caracterizó a cuatro tipos de ganados, entre los cuales se encuentran el ganado bovino, ovino, equino y caprino, cada uno de los cuales fueron clasificados en diferentes tipos, existiendo el ganado bovino lechero con razas como Holstein, Brown Swiss y Girolando, y el ganado bovino no lechero con razas con Brangus, Girolando y Brown Swiss; el tipo de ganado ovino se caracterizó por las ovejas de raza Dorper en su totalidad; el ganado equino estuvo caracterizado por las mulas y asnos de raza común y por los caballos también de la raza común o criolla; por último, los ganados caprinos caracterizados en su totalidad por las cabras de raza Saanem.

3.1.2. Población por tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada

Se caracterizó un total de 529 ganados en la Granja Ganadera Calzada, de los cuales existe una mayor población de ganados de tipo ovino con el 63,89% (338 ovejas), seguido de los ganados de tipo bovino no lechero con el 26,28% (139 ganados); en tanto, la población de todos los demás ganados fueron menor al

10%, siendo la población de bovinos lecheros el 5,29% (28 ganados), luego la población de los equinos caballos con 3,21% (17 ganados), en menor proporción fue la población de caprinos y equinos mula y asno con el 1,13% (6 cabras) y 0,19% (1 asno) (Figura 1).

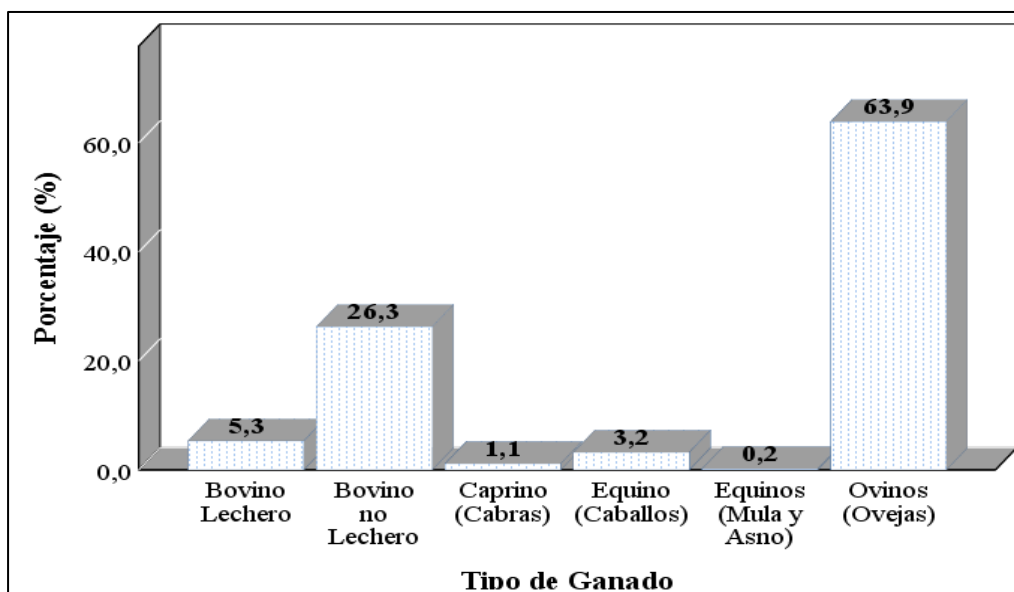


Figura 1. Población por tipo de ganado en la Granja Ganadera Calzada.

3.2. Estimación de las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada

Post caracterización de tipos de ganados y población de cada uno de estos, se procedió a la estimación de las emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y también por manejo de estiércol, cuyos resultados se presentan a continuación:

3.2.1. Estimación de las emisiones de CH₄ por fermentación entérica

Se estimó las emisiones de metano por fermentación entérica para cada uno de los tipos de ganados identificados, cuyos resultados son descritos a continuación:

En la figura 2, se evidencia las emisiones de CH₄ generadas por fermentación entérica para el tipo de ganado bovino, donde el 81,02% de emisiones de metano lo genera el ganado bovino no lechero equivalente a 6811 kg CH₄/año y 0,006811 Gg CH₄/año, en menor porcentaje con 18,98% son las emisiones que

proviene del ganado bovino lechero que en cantidad es de 1596 kg CH₄/año y 0,001596 Gg CH₄/año; las mayores emisiones generadas por el ganado vacuno no lechero se debe a una mayor cantidad de ganados en relación a una menor población de los ganados vacunos lecheros.

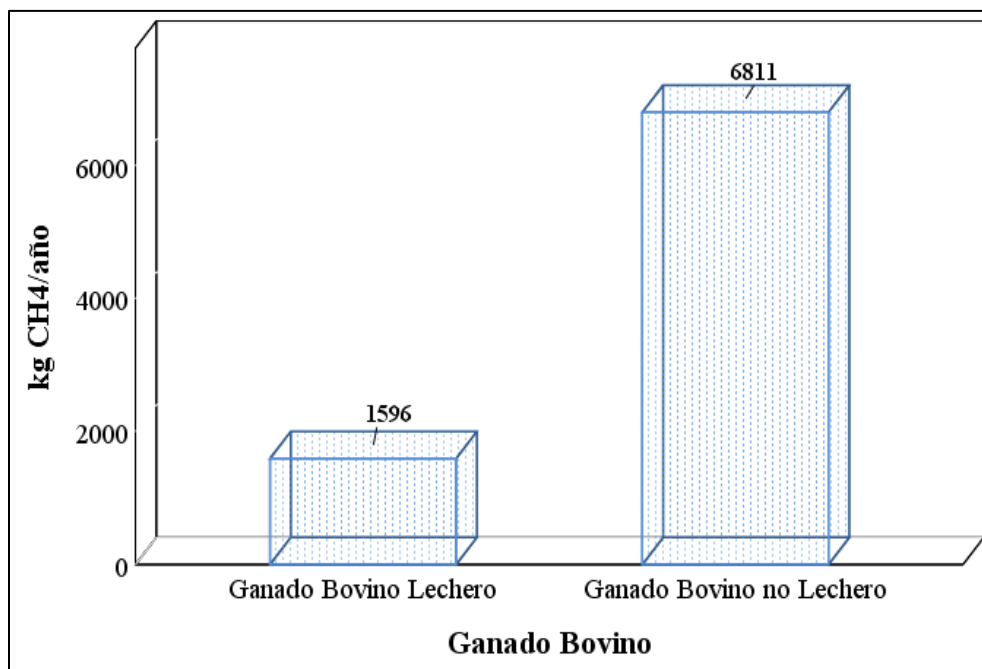


Figura 2. Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica de ganados de tipo bovino.

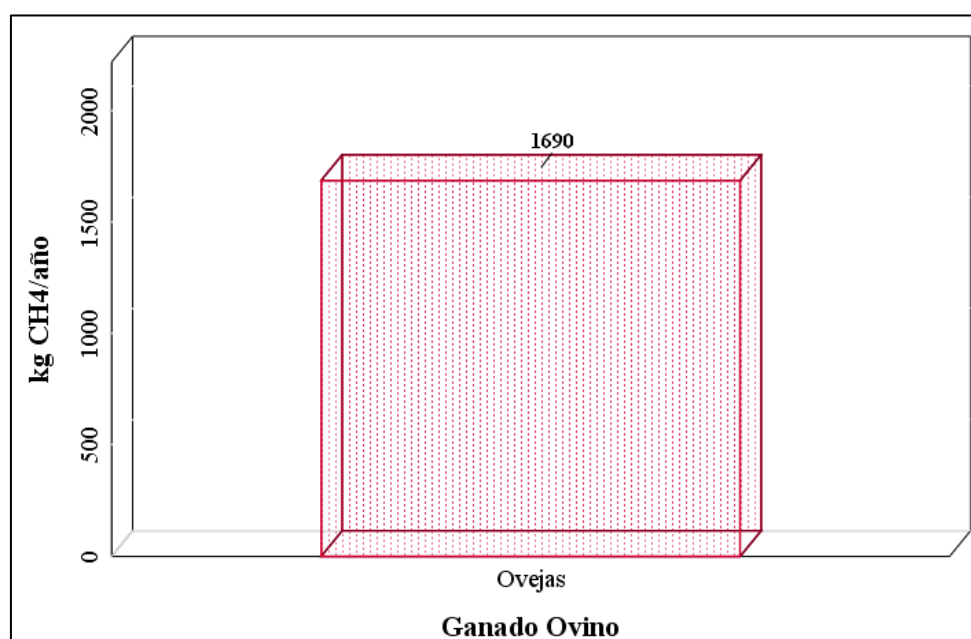


Figura 3. Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica de ganados de tipo ovino.

En la figura 3, con respecto a las emisiones de metano por fermentación entérica de los ganados ovinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de ovejas, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 1690 kg CH₄/año y 0,00169 Gg CH₄/año.

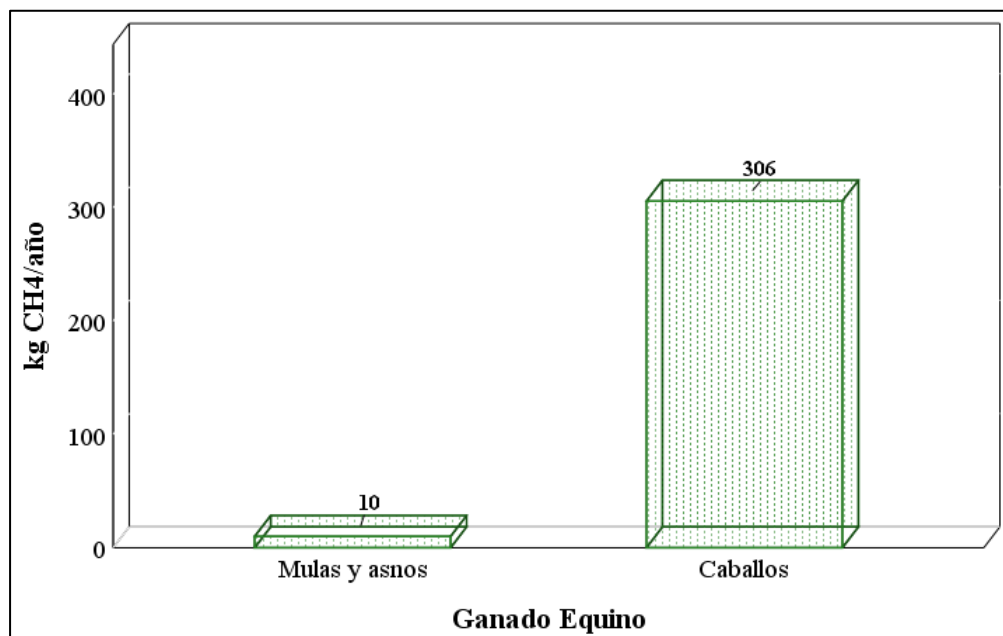


Figura 4. Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica de ganados de tipo equino.

En la figura 4, con respecto a las emisiones de metano por fermentación entérica de los ganados equinos, se determinó una mayor emisión con el 96,84% de los caballos que en cantidad es equivalente a 306 kg CH₄/año y $3,06 \times 10^{-4}$ Gg CH₄/año, en menor proporción se encuentran las emisiones de mulas y asnos, específicamente con el 3,16% y que en cantidades equivale a 10 kg CH₄/año y 1×10^{-5} Gg CH₄/año, son los caballos quienes tienen mayor participación en la emisión de metano para este tipo de ganado, lo cual se debe a un mayor valor de factor de emisión y también a una cantidad mayor de individuos a comparación de las mulas y asnos.

En la figura 5, con respecto a las emisiones de metano por fermentación entérica de los ganados caprinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de cabras, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 30 kg CH₄/año y 3×10^{-5} Gg CH₄/año.

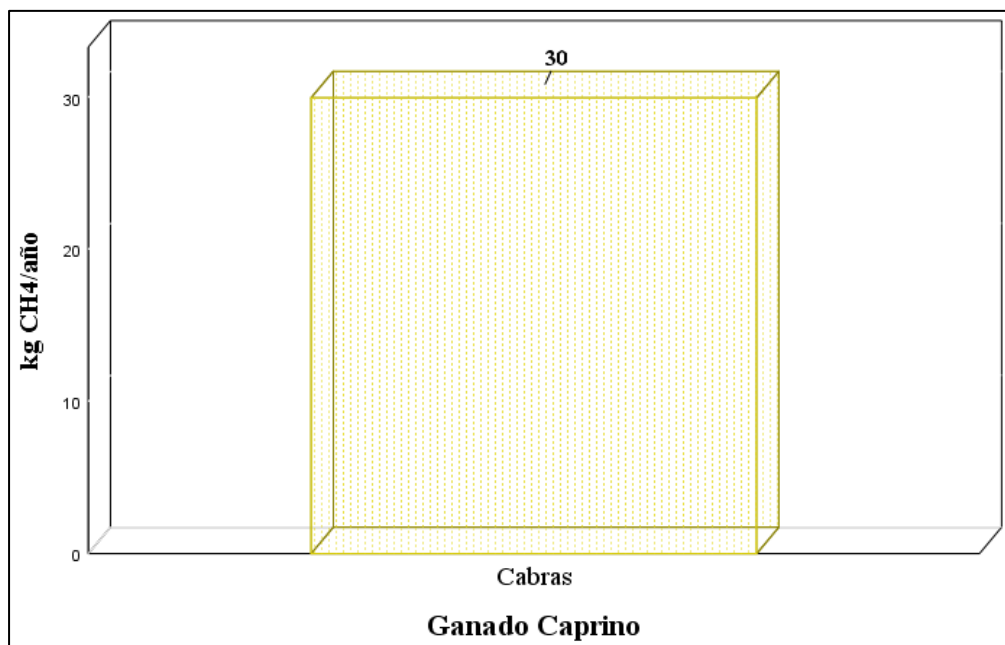


Figura 5. Emisiones de metano (CH_4) por fermentación entérica de ganados de tipo caprino.

Tabla 9

Resumen de emisiones de metano ($\text{kg CH}_4/\text{año}$ y $\text{Gg CH}_4/\text{año}$) por fermentación entérica por clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	kg $\text{CH}_4/\text{año}$	Gg $\text{CH}_4/\text{año}$	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	1596,00	0,001596	15,28
Ganado bovino no lechero	6811,00	0,006811	65,22
Ganado ovino oveja	1690,00	0,00169	16,18
Ganado equino asno	10,00	0,00001	0,10
Ganado equino caballo	306,00	0,000306	2,93
Ganado caprino cabra	30,00	0,00003	0,29
Total	10443,00	0,010443	100,00

En la tabla 9, se evidencia que el mayor aportante de metano por fermentación entérica es el ganado bovino no lechero con el 65,22% y cantidades de 6811,00 $\text{kg CH}_4/\text{año}$ y 0,006811 $\text{Gg CH}_4/\text{año}$, seguido en menor proporción con el 16,18% las emisiones de metano de las ovejas con cantidades de 1690,00 kg

CH₄/año y 0,00169 Gg CH₄/año, luego con el 15,28% las emisiones de CH₄ de los ganados bovinos lecheros cuya cantidad emitida es de 1596,00 kg CH₄/año y 0,001596 Gg CH₄/año, las menores emisiones de metano lo generan los caballos con aporte del 2,93% y cantidades de 306,00 kg CH₄/año y 3,06 x10⁻⁴ Gg CH₄/año, luego con aporte del 0,29% y 0,10% las emisiones de cabras (30,00 kg CH₄/año y 0,3 x10⁻⁵ Gg CH₄/año) y asnos (10,00 kg CH₄/año y 0,1 x10⁻⁵ Gg CH₄/año), respectivamente; principalmente las mayores emisiones se deben a una mayor cantidad de población por tipo de ganado que existe en la granja, al cual se suma el valor de factor de emisión.

Tabla 10

Resumen de emisiones de metano (kg CH₄/año y Gg CH₄/año) por fermentación entérica por tipo de ganado

Tipo de ganados	kg CH₄/año	Gg CH₄/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino	8407	0,008407	80,50
Ganado ovino	1690	0,001690	16,18
Ganado equino	316	0,000316	3,03
Ganado caprino	30	0,000030	0,29
Total	10443,00	0,010443	100,00

En la tabla 10, se evidencia que el mayor aportante de metano por fermentación entérica es el ganado de tipo bovino con participación del 80,50% del total de emisiones y cantidades de 8407,00 kg CH₄/año y 0,008407 Gg CH₄/año, seguido en menor proporción con el 16,18% las emisiones de metano de los ovinos con cantidades de 1690,00 kg CH₄/año y 0,00169 Gg CH₄/año, las menores emisiones de metano lo generan los ganados de tipo equino con aporte del 3,03% y cantidades de 316,00 kg CH₄/año y 3,16 x10⁻⁴ Gg CH₄/año, luego con aporte del 0,29% las emisiones de los ganados caprinos cuyas cantidades son 30,00 kg CH₄/año y 0,3 x10⁻⁵ Gg CH₄/año; las mayores emisiones lo generan los ganados que tienen una mayor población, principalmente los bovinos y ovinos.

3.2.2. Estimación de las emisiones de CH₄ por manejo de estiércol

Se estimó las emisiones de metano por manejo de estiércol para cada uno de los tipos de ganados identificados, cuyos resultados son descritos a continuación:

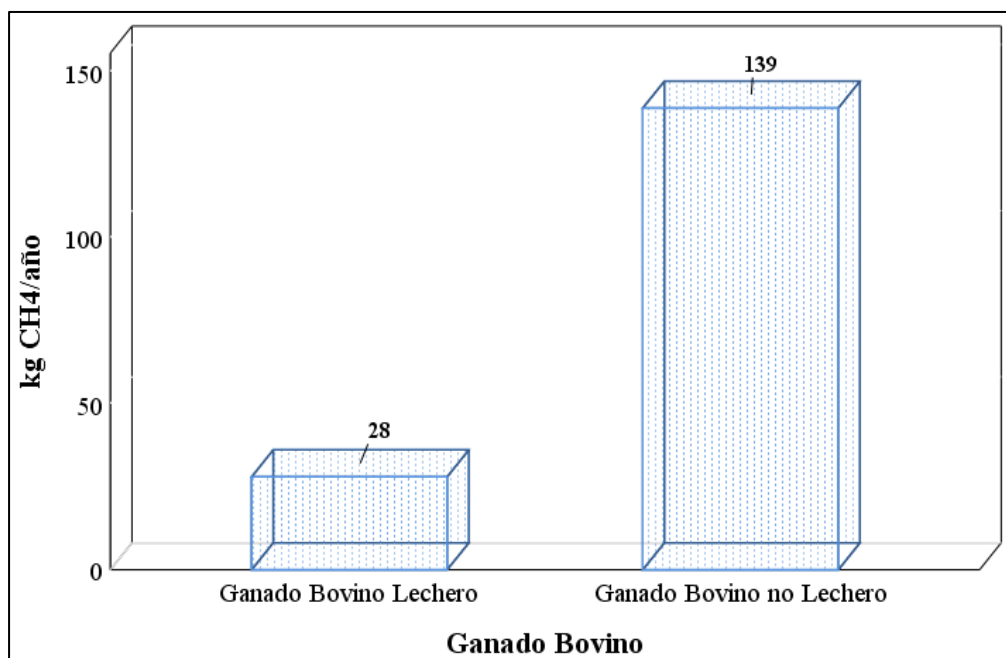


Figura 6. Emisiones de metano (CH₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo bovino.

En la figura 6, se evidencia las emisiones de CH₄ generadas por manejo de estiércol para el tipo de ganado bovino, donde el 83,23% de emisiones de metano lo genera el ganado bovino no lechero equivalente a 139,00 kg CH₄/año y $1,39 \times 10^{-4}$ Gg CH₄/año, en menor porcentaje con 16,77% son las emisiones que provienen del ganado bovino lechero que en cantidad es de 28,00 kg CH₄/año y $2,8 \times 10^{-5}$ Gg CH₄/año; las mayores emisiones generadas por el ganado vacuno no lechero se debe a una mayor cantidad de ganados en relación a una menor población de los ganados vacunos lecheros.

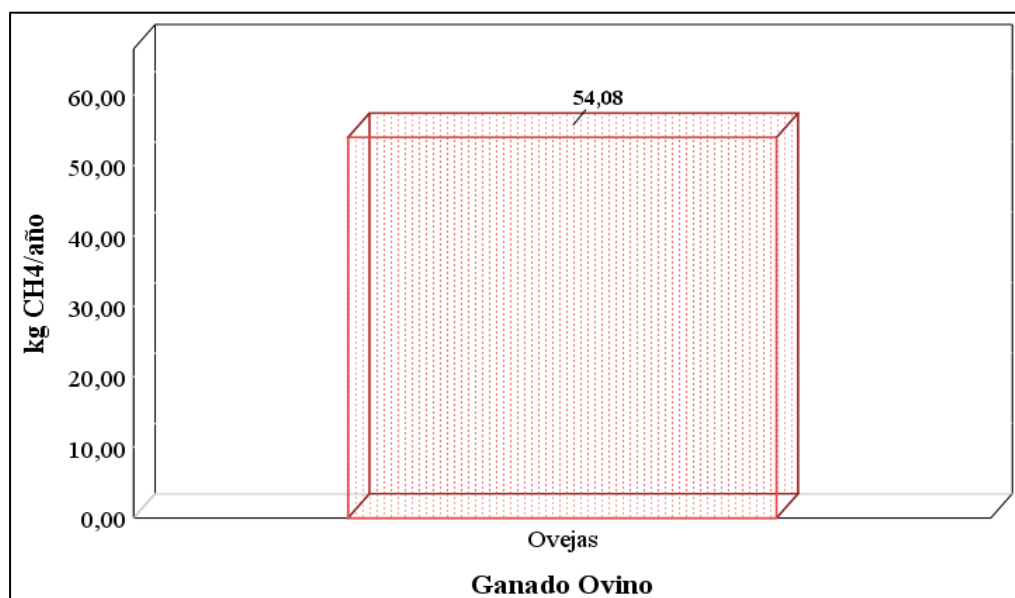


Figura 7. Emisiones de metano (CH₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo ovino.

En la figura 7, con respecto a las emisiones de metano por manejo de estiércol de los ganados ovinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de ovejas, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 54,08 kg CH₄/año y $5,408 \times 10^{-5}$ Gg CH₄/año.

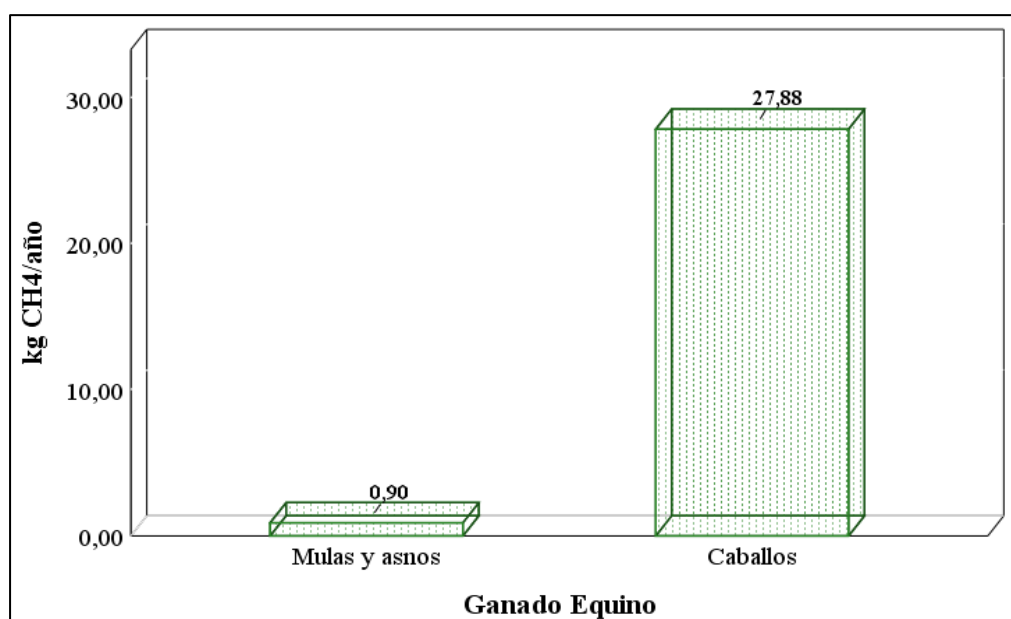


Figura 8. Emisiones de metano (CH₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo equino.

En la figura 8, con respecto a las emisiones de metano por manejo de estiércol de los ganados equinos, se determinó una mayor emisión con el 96,87% de los caballos que en cantidad es equivalente a 27,88 kg CH₄/año y 2,788 x10⁻⁵ Gg CH₄/año, en menor proporción se encuentran las emisiones de mulas y asnos, específicamente con el 3,13% y que en cantidades equivale a 0,9 kg CH₄/año y 0,9 x10⁻⁶ Gg CH₄/año, son los caballos quienes tienen mayor participación en la emisión de metano para este tipo de ganado, lo cual se debe a un mayor valor de factor de emisión y también a una cantidad mayor de individuos a comparación de las mulas y asnos.

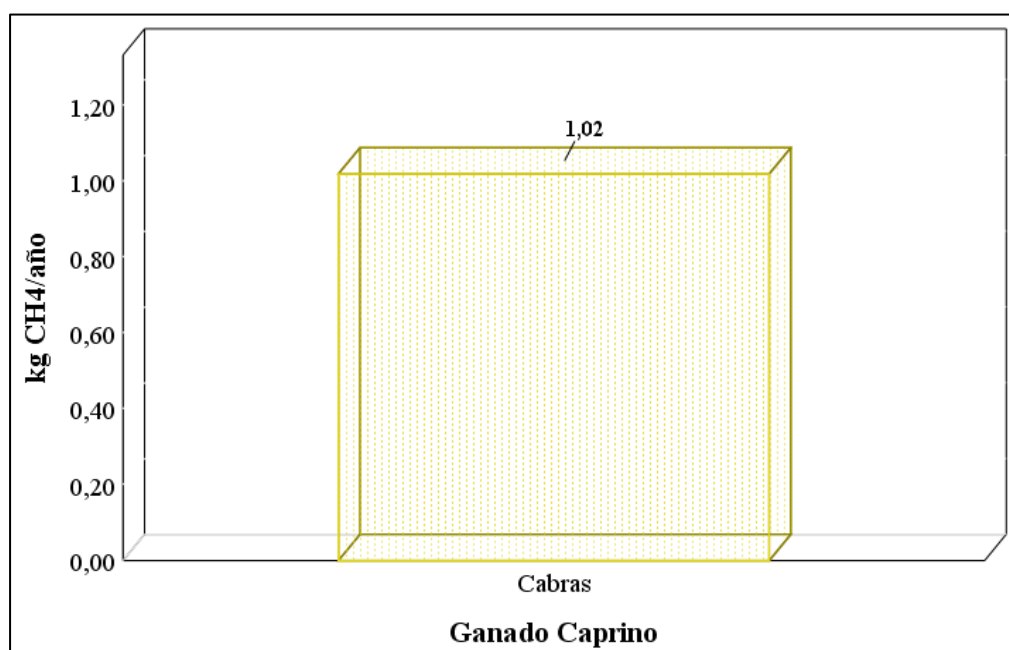


Figura 9. Emisiones de metano (CH₄) por manejo de estiércol de ganados de tipo caprino.

En la figura 9, con respecto a las emisiones de metano por manejo de estiércol de los ganados caprinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de cabras, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 1,02 kg CH₄/año y 1,02 x10⁻⁶ Gg CH₄/año.

En la tabla 11, se evidencia que el mayor aportante de metano por fermentación entérica es el ganado bovino no lechero con el 55,40% y cantidades de 139,00 kg CH₄/año y 1,39 x10⁻⁴ Gg CH₄/año, seguido en menor proporción con el 21,56% las emisiones de metano de las ovejas con cantidades de 54,08 kg

CH₄/año y $5,408 \times 10^{-5}$ Gg CH₄/año, luego con el 11,16% las emisiones de CH₄ de los ganados bovinos lecheros cuya cantidad emitida es de 28,00 kg CH₄/año y $2,8 \times 10^{-5}$ Gg CH₄/año, luego los caballos con aporte del 11,11% y cantidades de 27,88 kg CH₄/año y $2,788 \times 10^{-5}$ Gg CH₄/año, las menores emisiones de metano lo generan con el 0,41% y 0,36% las emisiones de cabras (1,02 kg CH₄/año y $1,02 \times 10^{-6}$ Gg CH₄/año) y asnos (0,9 kg CH₄/año y $0,9 \times 10^{-6}$ Gg CH₄/año), respectivamente; principalmente las mayores emisiones se deben a una mayor cantidad de población por tipo de ganado que existe en la granja, al cual se suma el valor de factor de emisión.

Tabla 11

Resumen de emisiones de metano (kg CH₄/año y Gg CH₄/año) por manejo de estiércol por clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	kg CH₄/año	Gg CH₄/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	28,00	0,000028	11,16
Ganado bovino no lechero	139,00	0,000139	55,40
Ganado ovino oveja	54,08	0,00005408	21,56
Ganado equino asno	0,9	0,0000009	0,36
Ganado equino caballo	27,88	0,00002788	11,11
Ganado caprino cabra	1,02	0,00000102	0,41
Total	250,88	0,00025088	100,00

Tabla 12

Resumen de emisiones de metano (kg CH₄/año y Gg CH₄/año) por manejo de estiércol por tipo de ganado

Tipo de ganados	kg CH₄/año	Gg CH₄/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino	167,00	0,000167	66,57
Ganado ovino	54,08	0,000054	21,56
Ganado equino	28,78	0,000029	11,47
Ganado caprino	1,02	0,000001	0,41
Total	250,88	0,00025088	100,00

En la tabla 12, se evidencia que el mayor aportante de metano por manejo de estiércol es el ganado de tipo bovino con participación del 66,57% del total de emisiones y cantidades de 167,00 kg CH₄/año y 1,67 x10⁻⁴ Gg CH₄/año, seguido en menor proporción con el 21,56% las emisiones de metano de las ovinos con cantidades de 54,08 kg CH₄/año y 5,408 x10⁻⁵ Gg CH₄/año, las menores emisiones de metano lo generan los ganados de tipo equino con aporte del 11,47% y cantidades de 28,78 kg CH₄/año y 2,8 x10⁻⁵ Gg CH₄/año, luego con aporte del 0,41% las emisiones de los ganados caprinos cuyas cantidades son 1,02 kg CH₄/año y 1,02 x10⁻⁶ Gg CH₄/año; las mayores emisiones lo generan los ganados que tienen una mayor población, principalmente los bovinos y ovinos.

3.2.3. Estimación de las emisiones de CH₄ por fermentación entérica y manejo de estiércol

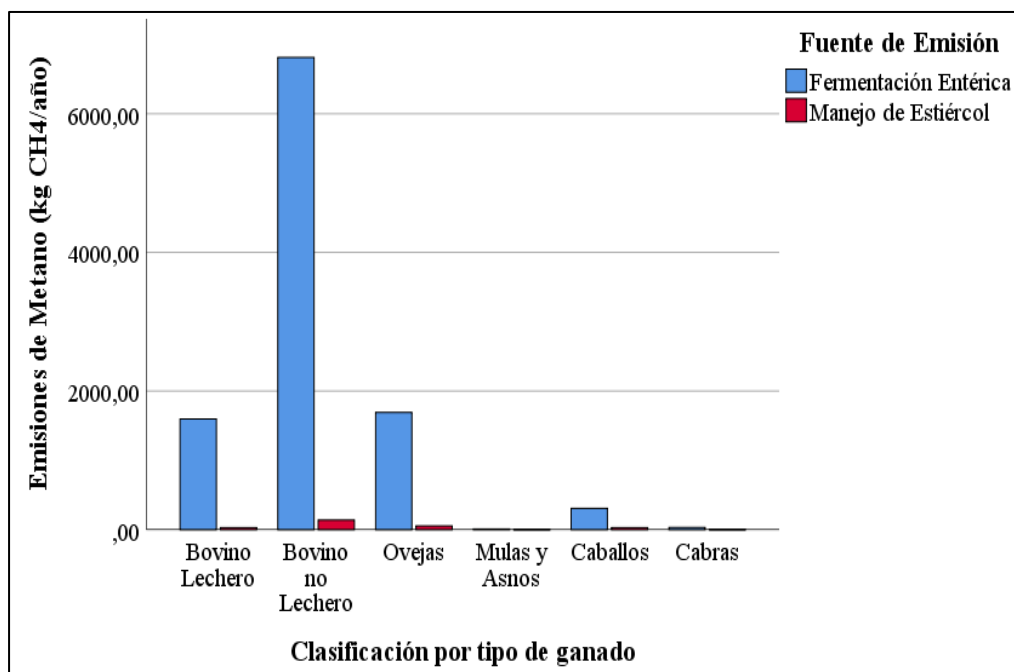


Figura 10. Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol de acuerdo a la clasificación por tipo de ganado.

En la figura 10, se evidencia a nivel general que las mayores emisiones de metano (CH₄) pertenecen a la fuente de fermentación entérica, siendo mucho menor las emisiones generadas por manejo de estiércol en cada uno de las

clasificaciones de ganado, dentro de los cuales los ganados bovinos lecheros son los que emiten mayor cantidad de metano en ambos tipos de fuentes, seguido de las ovejas y los bovinos lecheros; en tanto, los que menor metano generan en ambos tipos de fuentes son las cabras y las mulas y asnos.

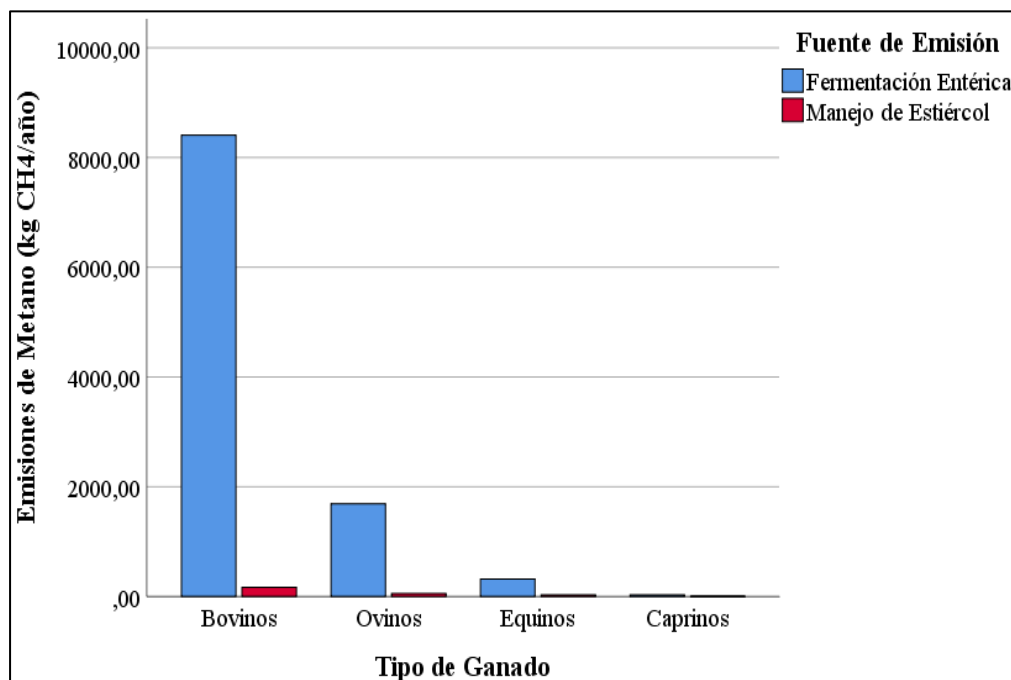


Figura 11. Emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol de acuerdo al tipo de ganado.

En la figura 11, se evidencia de igual forma a nivel general que las mayores emisiones de metano (CH₄) pertenecen a la fuente de fermentación entérica, siendo mucho menor las emisiones generadas por manejo de estiércol en cada uno de los tipos de ganado, dentro de los cuales los ganados bovinos son los que emiten mayor cantidad de metano en ambos tipos de fuentes, seguido de los ovinos y equinos; en tanto, el ganado de tipo caprino es el que menor metano genera en ambos tipos de fuentes.

Del total de emisiones de metano generadas en la Granja Ganadera Calzada, la fuente que mayor emisión aporta es la fermentación entérica con el 97,65% cuyas cantidades estimadas son de 10443,00 kg CH₄/año y 0,010443 Gg CH₄/año; en tanto, un menor aporte pertenece a la fuente de manejo de estiércol

con un porcentaje mínimo de 2,35%, cuyas cantidades estimadas son 250,88 kg CH₄/año y 0,0002509 Gg CH₄/año (Figura 12).

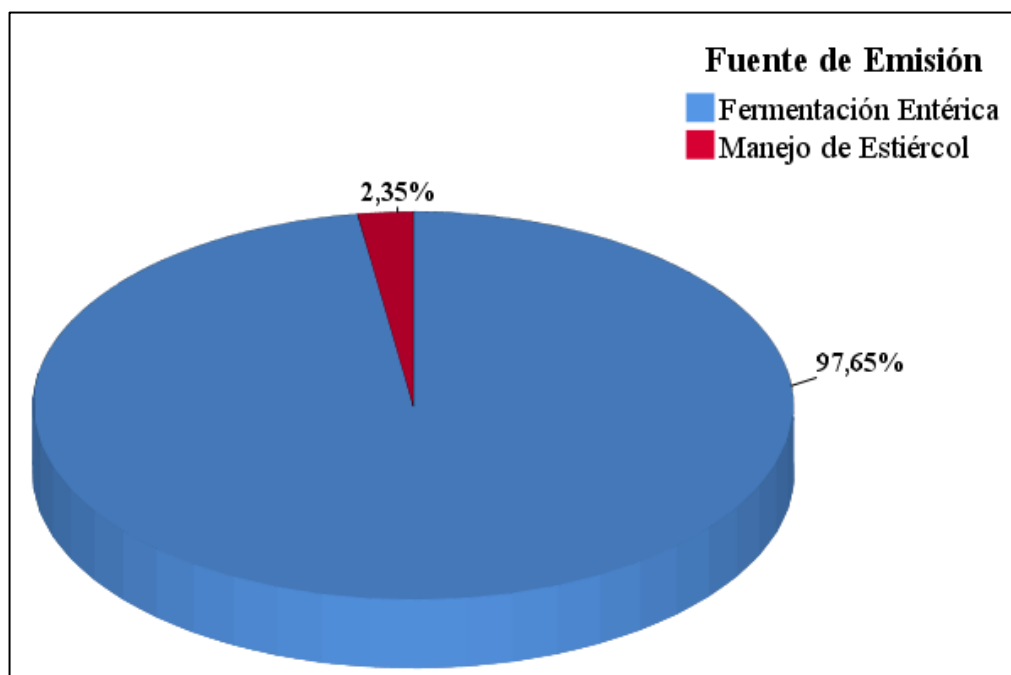


Figura 12. Emisiones totales de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol.

Tabla 13

Resumen de emisiones de metano (kg CH₄/año y Gg CH₄/año) por fermentación entérica y manejo de estiércol por tipo de ganado

Tipo de ganados	kg CH ₄ /año	Gg CH ₄ /año	Porcentaje (%)
Ganado bovino	8574,00	0,008574	80,18
Ganado ovino	1744,08	0,00174408	16,31
Ganado equino	344,78	0,00034478	3,22
Ganado caprino	31,02	0,00003102	0,29
Total	10693,88	0,01069388	100,00

En la table 13, sumando las emisiones de fermentación entérica y manejo de estiércol, se tiene que el tipo de ganado que mayor metano aporta es el ganado bovino con el 80,18% del total de emisiones, seguido del ganado de tipo ovino con el 16,31%, con menor aporte se encuentran los ganados equipos con

representación del 3,22% y, por último, con aporte de solo 0,29% se encuentran los ganados caprinos. En la Granja Ganadera Calzada se genera un total de 10693,88 kg CH₄/año equivalente a 0,01069388 Gg CH₄/año.

3.3. Estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O) generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada

Post caracterización de tipos de ganados y población de cada uno de estos, además del tipo de manejo de estiércol, se procedió a la estimación de las emisiones de óxido nitroso (N₂O), cuyos resultados se presentan a continuación:

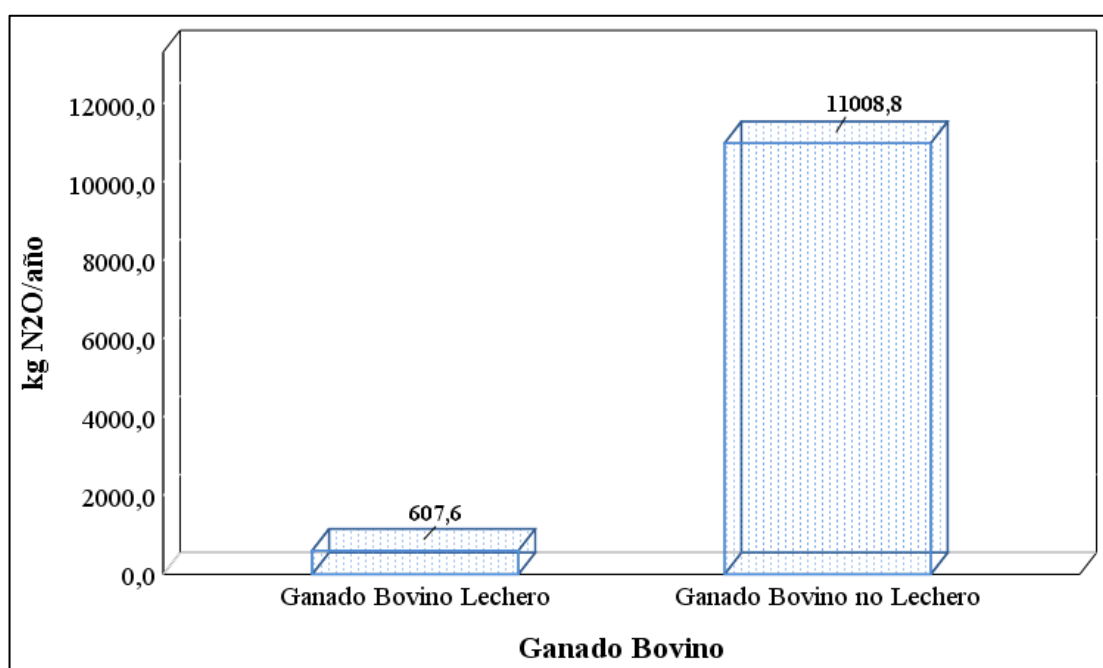


Figura 13. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) de ganados de tipo bovino.

En la figura 13, se evidencia las emisiones de N₂O generadas por el ganado bovino, donde el 94,77% de emisiones de óxido nitroso lo genera el ganado bovino no lechero equivalente a 11008,80 kg N₂O /año y 0,0110088 Gg N₂O/año, en menor porcentaje con 5,23% son las emisiones que provienen del ganado bovino lechero que en cantidad es de 607,60 kg N₂O/año y $6,076 \times 10^{-4}$ Gg N₂O/año; las mayores emisiones óxido nitroso generadas por el ganado vacuno no lechero se debe al sistema de manejo de las excretas, debido a que estos depositan de forma directa sus residuos en el área de pastoreo lo que le atribuye un mayor factor de emisión a diferencia de los ganados vacunos lecheros que depositan sus excretas en el área de confinamientos, los cuales

después son recolectados de forma diaria y almacenados para luego ser empleados como abono en campo.

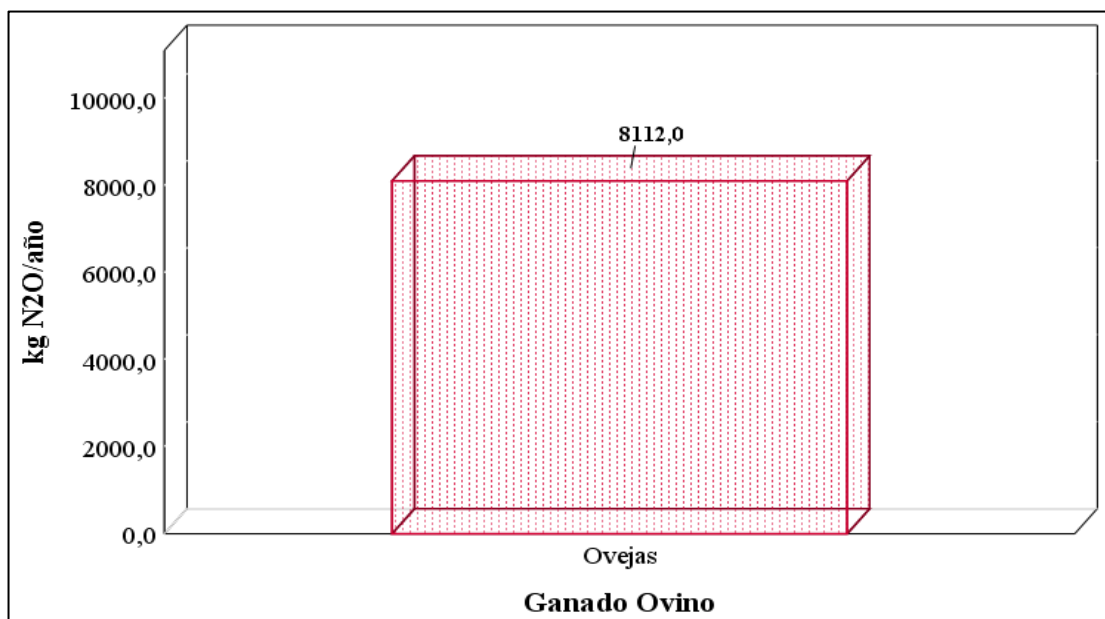


Figura 14. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) de ganados de tipo ovino.

En la figura 14, con respecto a las emisiones de óxido nitroso de los ganados ovinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de ovejas, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 8112,0 kg N₂O/año y 0,008112 Gg N₂O/año.

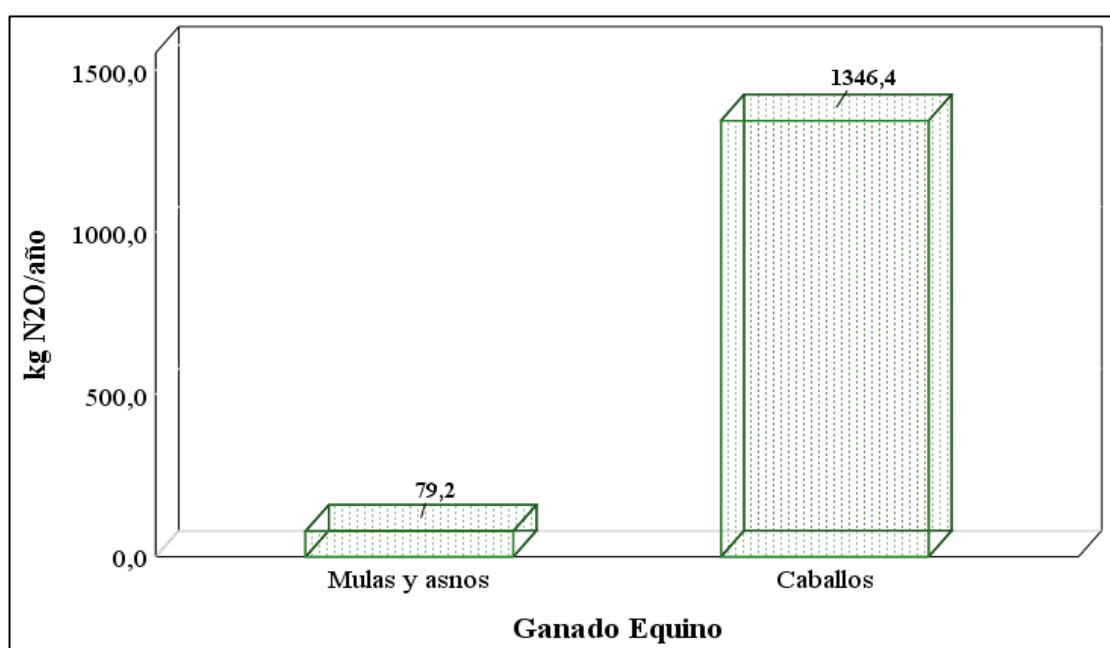


Figura 15. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) de ganados de tipo equino.

En la figura 15, con respecto a las emisiones de óxido nitroso de los ganados equinos, se determinó una mayor emisión con el 94,44% de los caballos que en cantidad es equivalente a 1346,40 kg N₂O/año y 0,0013464 Gg N₂O/año, en menor proporción se encuentran las emisiones de mulas y asnos, específicamente con el 5,56% y que en cantidades equivale a 79,20 kg N₂O/año y $7,92 \times 10^{-5}$ Gg N₂O/año, son los caballos quienes tienen mayor participación en la emisión de óxido nitroso para este tipo de ganado, lo cual se debe a una cantidad mayor de individuos a comparación de las mulas y asnos.

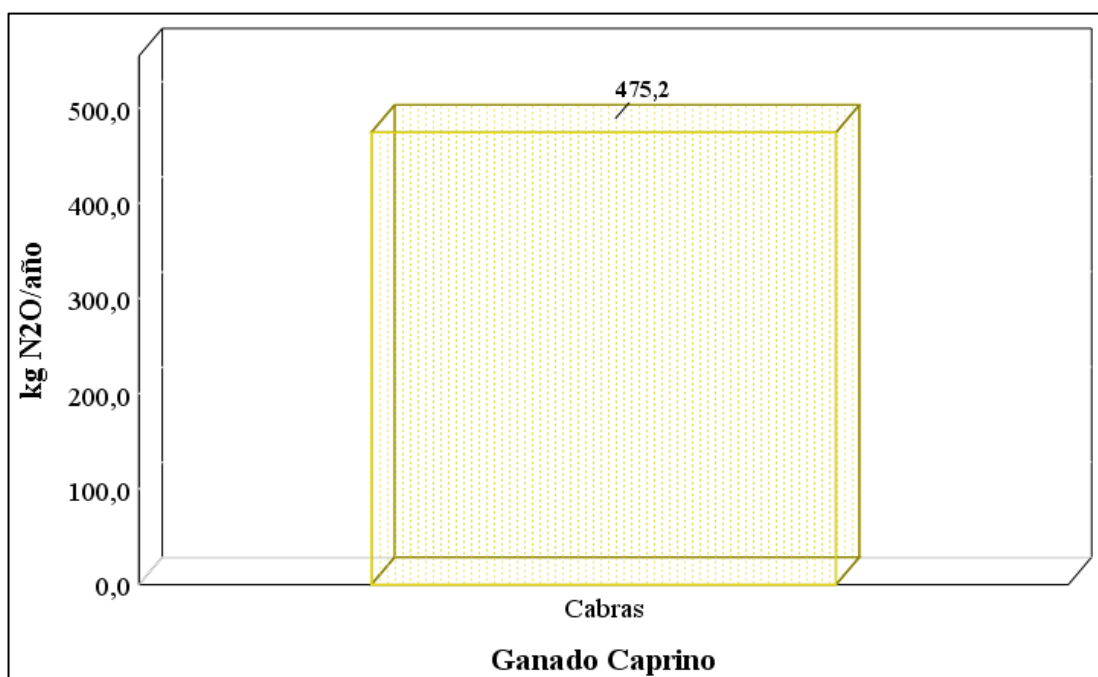


Figura 16. Emisiones de óxido nitroso (N₂O) de ganados de tipo caprino.

En la figura 16, con respecto a las emisiones de óxido nitroso de los ganados caprinos, se determinó que en su totalidad existen solamente población de cabras, cuyas emisiones representan el 100% para este tipo de ganado, equivalente en cantidades a 475,20 kg N₂O/año y $4,752 \times 10^{-4}$ Gg N₂O/año.

En la tabla 14, se evidencia que el mayor aportante de óxido nitroso es el ganado bovino no lechero con el 50,90% y cantidades de 11008,80 kg N₂O/año y 0,0110088 Gg N₂O/año, seguido en menor proporción con el 37,50% las emisiones de óxido nitroso de las ovejas con cantidades de 8112,00 kg N₂O/año y 0,008112 Gg N₂O/año, luego con el 6,22% las emisiones de N₂O de los caballos con cantidades emitidas de 1346,40 kg N₂O/año y 0,0013464 Gg N₂O/año, luego los bovinos lecheros con aporte del 2,81%

y cantidades de 607,60 kg CH₄/año y 6,076 x10⁻⁴ Gg CH₄/año, las menores emisiones de óxido nitroso lo generan con el 2,20% y 0,37% las emisiones de cabras (475,20 kg N₂O/año y 4,752 x10⁻⁴ Gg N₂O/año) y asnos (79,20 kg N₂O/año y 7,92 x10⁻⁵ Gg N₂O/año), respectivamente; principalmente las mayores emisiones se deben a una mayor cantidad de población por tipo de ganado que existe en la granja, al cual se suma el valor de factor de emisión que está en función al tipo de manejo que se da a las excretas.

Tabla 14

Resumen de emisiones de óxido nitroso (kg N₂O/año y Gg N₂O/año) por clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	kg N₂O/año	Gg N₂O/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	607,60	0,0006076	2,81
Ganado bovino no lechero	11008,80	0,0110088	50,90
Ganado ovino oveja	8112,00	0,008112	37,50
Ganado equino asno	79,20	0,0000792	0,37
Ganado equino caballo	1346,40	0,0013464	6,22
Ganado caprino cabra	475,20	0,0004752	2,20
Total	21629,20	0,0216292	100,00

Tabla 15

Resumen de emisiones de óxido nitroso (kg N₂O/año y Gg N₂O/año) por tipo de ganado

Tipo de ganados	kg N₂O/año	Gg N₂O/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino	11616,4	0,011616	53,71
Ganado ovino	8112,0	0,008112	37,50
Ganado equino	1425,6	0,001426	6,59
Ganado caprino	475,2	0,000475	2,20
Total	21629,2	0,021629	100,00

En la tabla 15, se evidencia que el mayor aportante de óxido nitroso es el ganado de tipo bovino con participación del 53,71% del total de emisiones y cantidades de 11616,4 kg

$\text{N}_2\text{O}/\text{año}$ y $0,011616 \times 10^{-4}$ Gg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$, seguido en menor proporción con el 37,50% las emisiones de óxido nitroso de las ovinos con cantidades de 8112,0 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$ y 0,008112 Gg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$, las menores emisiones de metano lo generan los ganados de tipo equino con aporte del 6,59% y cantidades de 1425,6 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$ y 0,001426 Gg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$, luego con aporte del 2,20% las emisiones de los ganados caprinos cuyas cantidades son 475,2 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$ y $4,752 \times 10^{-4}$ Gg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$; las mayores emisiones lo generan los ganados que tienen una mayor población, principalmente los bovinos y ovinos. En la Granja Ganadera Calzada, el óxido nitroso generado es de 21629,2 kg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$ equivalente a 0,021629 Gg $\text{N}_2\text{O}/\text{año}$.

3.4. Cálculo del total de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y determinación del tipo de ganado que genera más huella de carbono en la Granja Ganadera Calzada

Obtenidos los resultados de emisiones de metano y óxido nitroso se procedió a calcular la huella de carbono, cuyos resultados se presentan a continuación:

3.4.1. Huella de carbono generado por emisiones de metano (CH_4)

En la tabla 16, se evidencia que tanto por fermentación entérica y por manejo de estiércol el ganado bovino no lechero con el 64,99% es el que mayor huella de carbono genera cuya cantidad es de 0,1946 Gg CO_2 eq/año, seguido en menor proporción con el 16,31% y 15,19% las emisiones de ovejas y bovino lechero con cantidades de 0,04883 y 0,04547 Gg CO_2 eq/año, respectivamente; en tanto, los menores aportantes de huella de carbono son los caballos con el 3,12% (0,00935 Gg CO_2 eq/año), seguido de la huella de carbono de cabras y asnos con el 0,29% (0,00087 Gg CO_2 eq/año) y 0,10% (0,00031 Gg CO_2 eq/año), respectivamente; principalmente las mayores emisiones se deben a una mayor cantidad de población por tipo de ganado que existe en la granja, al cual se suma el valor de factor de emisión que permitió calcular las emisiones de metano.

Tabla 16

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol, según clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO₂ eq/año por fermentación entérica	CO₂ eq/año por manejo de estiércol	CO₂ eq/año generado por CH₄	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	0,04469	0,00078	0,04547	15,19
Ganado bovino no lechero	0,19071	0,00389	0,19460	64,99
Ganado ovino oveja	0,04732	0,00151	0,04883	16,31
Ganado equino asno	0,00028	0,00003	0,00031	0,10
Ganado equino caballo	0,00857	0,00078	0,00935	3,12
Ganado caprino cabra	0,00084	0,00003	0,00087	0,29
Total	0,29240	0,00702	0,29943	100,00

Tabla 17

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol, según tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO₂ eq/año por fermentación entérica	CO₂ eq/año por manejo de estiércol	CO₂ eq/año generado por CH₄	Porcentaje (%)
Ganado bovino	0,235396	0,00468	0,24007	80,18
Ganado ovino	0,047320	0,00151	0,04883	16,31
Ganado equino	0,008848	0,00081	0,00965	3,22
Ganado caprino	0,000840	0,00003	0,00087	0,29
Total	0,29240	0,00702	0,29943	100,00

En la tabla 17, se evidencia que el mayor aportante de huella de carbono es el ganado de tipo bovino con el 80,18% (0,24007 Gg CO₂ eq/año) del total de huella de carbono por fermentación entérica y manejo de estiércol, seguido de la huella de carbono generado por el ganado ovino con 16,31% (0,04883 Gg CO₂ eq/año); en tanto, los ganados equinos y caprinos son los que menor huella de carbono generan con el 3,22% (0,00965 Gg CO₂ eq/año) y 0,29% (0,00087 Gg CO₂ eq/año), respectivamente; los ganados con mayor población son los que generan mayor huella de carbono.

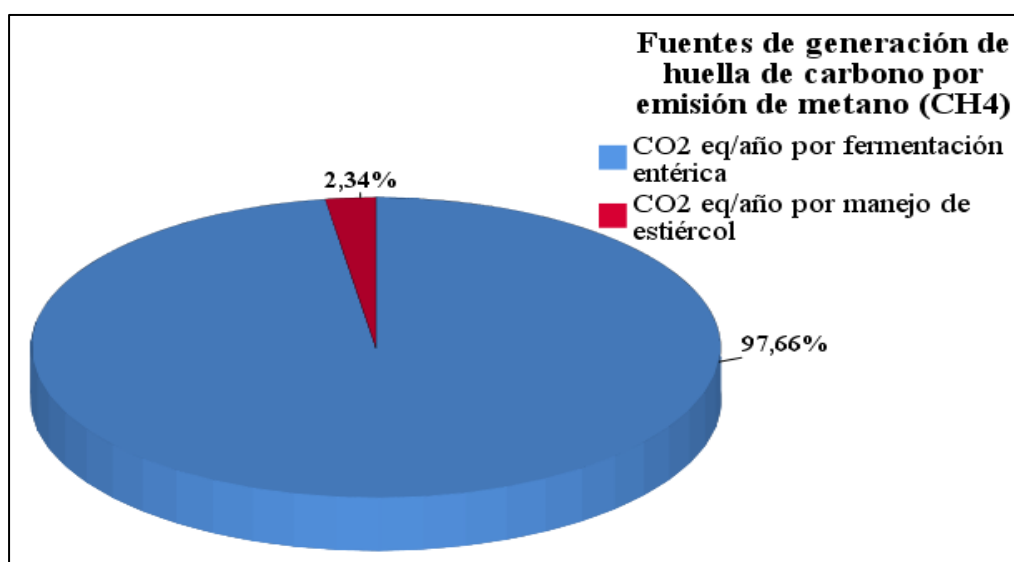


Figura 17. Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo de estiércol.

En la figura 17, la mayor fuente de generación de huella de carbono en base a la emisión de metano, es la fermentación entérica que representa el 97,66% (0,29240 Gg CO₂ eq/año) a comparación del manejo de estiércol que aporta solo el 2,34% (0,00702 Gg CO₂ eq/año) del total de emisiones de huella de carbono por metano. La producción de CH₄ en la granja ganadera aporta un total de 0,29943 Gg CO₂ eq/año.

3.4.2. Huella de carbono generado por emisiones de óxido nitroso (N₂O)

Tabla 18

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de óxido nitroso (N₂O) por gestión del estiércol, según clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO₂ eq/año generado por óxido nitroso (N₂O)	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	0,18106	2,81
Ganado bovino no lechero	3,28062	50,90
Ganado ovino oveja	2,41738	37,50
Ganado equino asno	0,02360	0,37
Ganado equino caballo	0,40123	6,22
Ganado caprino cabra	0,14161	2,20
Total	6,44550	100,00

En la tabla 18, se evidencia que por gestión del estiércol mediante emisiones de óxido nitroso el ganado bovino no lechero con el 50,90,% es el que mayor huella de carbono genera cuya cantidad es de 3,28062 Gg CO₂ eq/año, seguido con el 37,50% la huella de carbono generado por ovejas cuya cantidad es de 2,41738 Gg CO₂ eq/año; en tanto, los menores aportantes de huella de carbono son los caballos con el 6,22% (0,40123 Gg CO₂ eq/año), seguido de la huella de carbono de ganados bovinos lecheros, cabras y asnos con el 2,81% (0,18106 Gg CO₂ eq/año), 2,20% (0,14161 Gg CO₂ eq/año) y 0,37% (0,02360 Gg CO₂ eq/año), respectivamente; principalmente las mayores emisiones se deben a una mayor cantidad de población por tipo de ganado que existe en la granja, al cual se suma el valor de factor de emisión que permitió calcular las emisiones de óxido de nitroso.

En la tabla 19, se evidencia que el mayor aportante de huella de carbono es el ganado de tipo bovino con el 83,71% (3,46169 Gg CO₂ eq/año) del total de huella de carbono por gestión del estiércol, seguido de la huella de carbono generado por el ganado ovino con 37,50% (2,41738 Gg CO₂ eq/año); en tanto, los ganados equinos y caprinos son los que menor huella de carbono generan

con el 6,59% (0,42483 Gg CO₂ eq/año) y 2,20% (0,14161 Gg CO₂ eq/año), respectivamente; los ganados con mayor población son los que generan mayor huella de carbono. Asimismo, la producción de N₂O en la granja ganadera aporta un total de 6,4455 Gg CO₂ eq/año.

Tabla 19

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de óxido nitroso (N₂O) por gestión del estiércol, según tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO₂ eq/año generado por óxido nitroso (N₂O)	Porcentaje (%)
Ganado bovino	3,46169	53,71
Ganado ovino	2,41738	37,50
Ganado equino	0,42483	6,59
Ganado caprino	0,14161	2,20
Total	6,4455	100,00

3.4.3. Huella de carbono generado por emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O)

Tabla 20

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), según clasificación de tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO₂ eq/año por emisiones de CH₄	CO₂ eq/año por emisiones de N₂O	Emisiones totales de CO₂ eq/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino lechero	0,04547	0,18106	0,22653	3,36
Ganado bovino no lechero	0,1946	3,28062	3,47522	51,52
Ganado ovino oveja	0,04883	2,41738	2,46621	36,56
Ganado equino asno	0,00031	0,02360	0,02391	0,35
Ganado equino caballo	0,00935	0,40123	0,41058	6,09
Ganado caprino cabra	0,00087	0,14161	0,14248	2,11
Total	0,29943	6,44550	6,74493	100,00

En la tabla 20, se evidencia que a nivel general la huella de carbono generado por emisiones de óxido nitroso es mayor a lo generado por emisiones de metano (fermentación entérica y manejo de estiércol) para cada uno de las categorías de los tipos de ganados, siendo mayor en ambos tipos de emisiones para el ganado bovino no lechero, seguido de las ovejas y luego los caballos con los bovinos no lecheros, en menor cantidad lo generan las cabras y asnos.

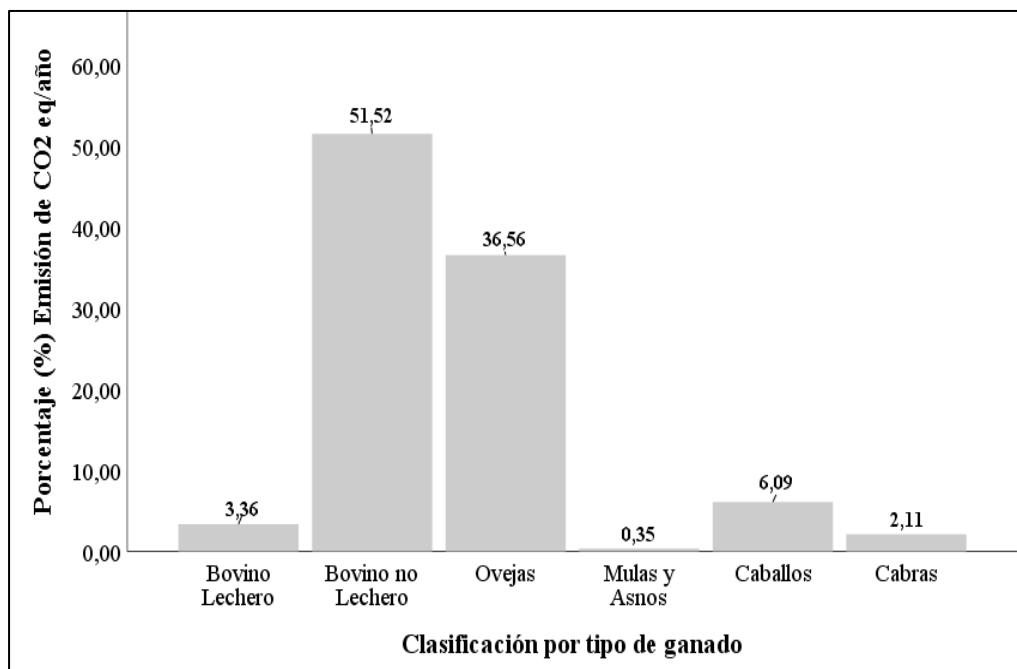


Figura 18. Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO₂ eq/año) según clasificación de tipos de ganados.

En la figura 18, la categoría de tipo de ganado que genera más huella de carbono es el ganado bovino no lechero con el 51,52% (3,47522 Gg CO₂ eq/año), seguido de las ovejas con el 36,56% (2,46621 Gg CO₂ eq/año), luego los caballos y bovinos lecheros con el 6,09% (0,41058 Gg CO₂ eq/año) y 3,36% (0,22653 Gg CO₂ eq/año), respectivamente; en menor proporción se encuentran las cabras y los asnos que generan el 2,11% (0,14248 Gg CO₂ eq/año) y 0,35% (0,41058 Gg CO₂ eq/año) de huella de carbono, respectivamente. En gran medida los mayores porcentajes de generación de huella de carbono se deben a una mayor cantidad de población, así también se debe a las cantidades de metano y óxido nitroso generados por cada categoría de tipo de ganado.

Tabla 21

Generación de huella de carbono (CO₂ eq/año) por emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), según tipo de ganado

Clasificación de ganados	CO ₂ eq/año por emisiones de CH ₄	CO ₂ eq/año por emisiones de N ₂ O	Emisiones totales de CO ₂ eq/año	Porcentaje (%)
Ganado bovino	0,24007	3,46169	3,70176	54,88
Ganado ovino	0,04883	2,41738	2,46621	36,56
Ganado equino	0,00965	0,42483	0,43448	6,44
Ganado caprino	0,00087	0,14161	0,14248	2,11
Total	0,29943	6,44550	6,74493	100,00

En la tabla 21, se evidencia que a nivel general la huella de carbono generado por emisiones de óxido nitroso es mayor a lo generado por emisiones de metano (fermentación entérica y manejo de estiércol) para cada uno de los tipos de ganados, siendo mayor en ambos tipos de emisiones para el ganado bovino, seguido de los ovinos y en menor cantidad lo generan los equinos y los caprinos.

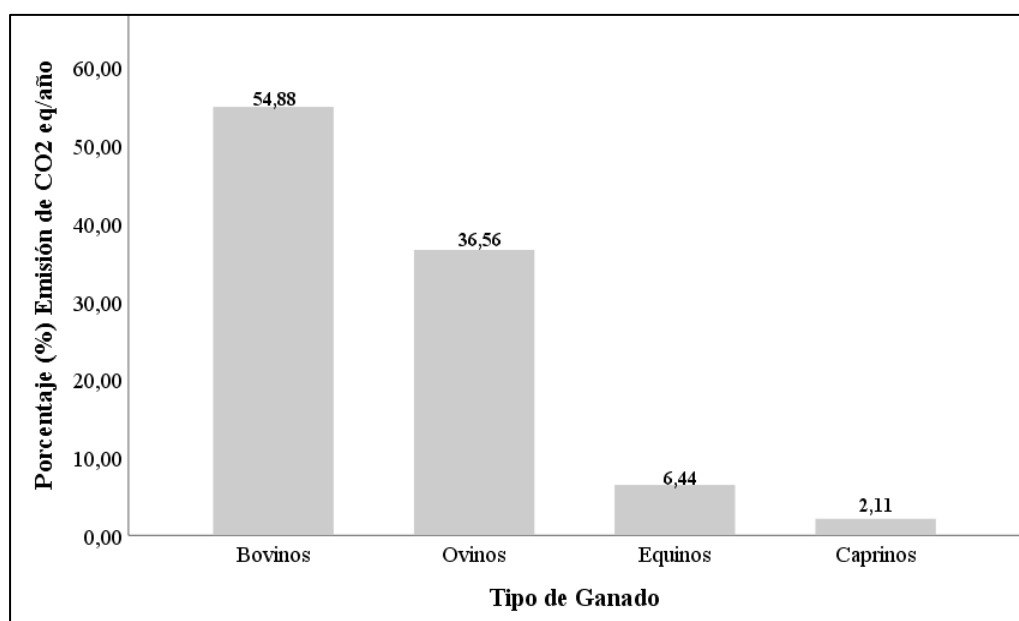


Figura 19. Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO₂ eq/año) según tipo de ganados.

En la figura 19, el tipo de ganado que genera más huella de carbono es el ganado bovino con el 54,88% (3,70176 Gg CO₂ eq/año), seguido de los ganados ovinos con el 36,56% (2,46621 Gg CO₂ eq/año); en menor proporción se encuentran los equinos y caprinos que generan el 6,44% (0,43448 Gg CO₂ eq/año) y 2,11% (0,14248 Gg CO₂ eq/año) de huella de carbono, respectivamente (Figura 22). En gran medida los mayores porcentajes de generación de huella de carbono se deben a una mayor cantidad de población, así también se debe a las cantidades de metano y óxido nitroso generados por cada tipo de ganado.

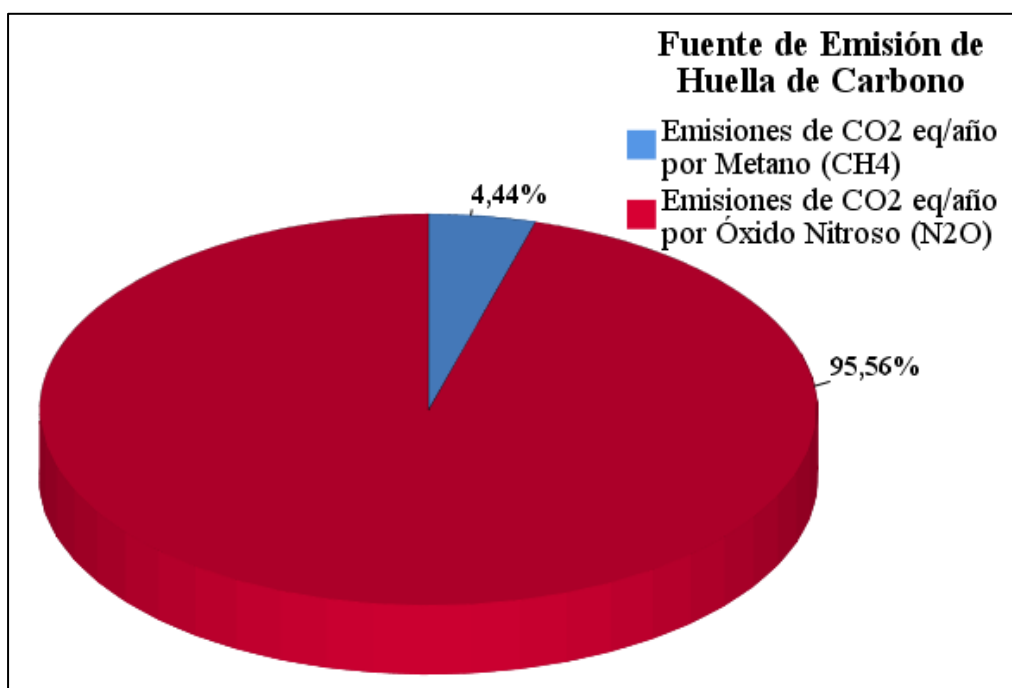


Figura 20. Porcentaje de emisión total de huella de carbono (CO₂ eq/año) según fuente de emisión.

En la figura 20, La mayor fuente de generación total de huella de carbono, son las emisiones por óxido nitroso con el 95,56% (6,44550 Gg CO₂ eq/año) a comparación de las emisiones de huella de carbono por metano que aporta solo el 4,44% (0,29943 Gg CO₂ eq/año) del total. Las emisiones de metano y óxido nitroso en la granja ganadera aportan un total de 6,74493 Gg CO₂ eq/año.

3.5. Discusión de resultados

Se determinó en la granja ganadera que las emisiones de metano se generan en orden de mayor a menor, empezando por los bovinos, luego los ovinos, equinos y por último los caprinos; al respecto, Márquez (2021) determinó que la mayor proporción de emisiones lo producen los ganados caprinos, luego los ovinos y en menor cantidad los bovinos, no existiendo similitud entre los resultados de la investigación, lo cual se sustenta que el mencionado autor evaluó una mayor cantidad de población de los tipos de ganado que le permitió obtener mayores emisiones a comparación del presente estudio, donde la mayor cantidad de poblaciones estuvo representado por bovinos y ovinos.

Habib & Khan, (2018) determinó en su zona de estudio que del total de huella de carbono que se genera, el 70% se debe al metano, el 22,8% al óxido nitroso y 6,6% al dióxido de carbono; al respecto, en base al estudio de las emisiones de metano y óxido nitroso, se determinó que este segundo con el 95,56% es el que mayor CO₂ eq aporta a la atmósfera a comparación del metano, sustentando lo mencionado en el tipo de sistema de manejo de las excretas, ya que en la mayor cantidad de tipos de ganado no se aplica ningún tipo de manejo de estiércol, debido a que los ganados depositan de forma directa sus excretas en las áreas de pastoreo.

Se determinó que el ganado bovino lechero emite 0,22653 Gg CO₂ eq/año equivalente a 226534,8 Gg CO₂ eq/año, cuya población es de 28 ganados; al respecto, Páez, (2015) determinó en la región centro de Boyacá en Colombia que 1 litro de leche produce huella de carbono entre 0,3276 y 9,021 kg de CO₂ eq, en función a 55 unidades productivas evaluadas, en la presente investigación no se realizó la evaluación por litro de leche de las unidades productivas por lo cual se recomienda el desarrollo de investigaciones referentes al tema abordado en la zona estudiada.

Se determinó que entre la fermentación entérica y manejo de estiércol como generadores de metano (CH₄), la fuente que genera más metano en la granja es la fermentación entérica, resultado que se corrobora con lo reportado por Márquez, (2021) y Páez, (2015) quienes concuerdan en que la fermentación entérica es la fuente principal de emisión de metano en la producción de ganados.

Por su parte, Lermo, (2022) refiere también que, la fermentación entérica de los ganados es la fuente principal en sistemas extensivos, por lo cual recomienda que resulta necesario mejorar la calidad de la dieta alimentaria de los ganados; al respecto, se asume también que la dieta alimentaria es uno de los factores principales que inciden en una mayor emisión de metano por fermentación entérica, por lo cual se recomienda la mejora considerable en la dieta de la alimentación con lo cual será posible reducir las emisiones de metano y al mismo tiempo la huella de carbono.

Ocas, (2019) determinó diferencias significativas en el factor raza en la generación de metano, encontrando que la raza Holstein emitió más metano en comparación a la raza Brown Swiss; al respecto, en la presente investigación se identificó la crianza de estas dos especies y otras, por lo cual es recomendable para investigadores desarrollar en la zona estudios que permitan evaluar la raza de ganado bovino que genera mayor emisión de metano.

CONCLUSIONES

Se categorizaron cuatro tipos de ganados que fueron, los bovinos, ovinos, equinos y caprino; asimismo, se determinó que los ovinos son la mayor población de ganados con el 63,9% (338 ovejas), seguido de la población de ganados bovinos no lecheros con el 26,28% (139 ganados), en tanto, las menores poblaciones fueron para los caprinos y equinos con el 1,13% (6 cabras) y 0,19% (solo 1 burro).

El metano (CH_4) que se genera en la Granja Ganadera Calzada es un total de 10693,88 kg CH_4 /año equivalente a 0,01069388 Gg CH_4 /año, de los cuales la fuente que mayor aporta es la fermentación entérica con el 97,65% de las emisiones directas cuyas cantidades estimadas son de 10443,00 kg CH_4 /año y 0,010443 Gg CH_4 /año y la fuente de manejo de estiércol tiene un menor aporte en las emisiones directas que representa solo el 2,35% del total con cantidades de 250,88 kg CH_4 /año y 0,0002509 Gg CH_4 /año; asimismo, los ganados bovinos y ovinos tienen mayor aporte en la emisión directa de metano con representaciones del 80,18 y 16,31%, respectivamente; en tanto, los ganados que aporta menos CH_4 a la atmósfera son los equinos y caprinos con 3,22 y 0,29%, respectivamente.

El óxido nitroso (N_2O) que se genera en la Granja Ganadera Calzada es un total de 21629,2 kg N_2O /año equivalente a 0,021629 Gg N_2O /año, de los cuales los ganados bovinos y ovinos tienen mayor aporte en la emisión directa de óxido nitroso con representaciones del 53,71% y 37,50%, respectivamente; en tanto, los ganados que aporta menos N_2O a la atmósfera son los equinos y caprinos con 6,59 y 2,20%, respectivamente.

De acuerdo a la categoría de tipo de ganado, los que mayor aportan huella de carbono a la atmósfera son los bovinos no lecheros y las ovejas, por emisiones directas de metano y óxido de nitroso; asimismo, de acuerdo al tipo de ganado los bovinos y ovinos son los que mayor huella de carbono aportan; por otro lado, la huella de carbono por óxido nitroso son mayores con 95,56% (6,44550 Gg CO_2 eq/año) a comparación de las emisiones por metano que representan el 4,44% (0,29943 Gg CO_2 eq/año), generándose en la granja un total de 6,74493 Gg CO_2 eq/año.

RECOMENDACIONES

A las autoridades de la Granja Ganadera Calzada, mejorar el sistema de manejo de excretas con lo cual sea posible reducir las emisiones elevadas de óxido nitroso para ello se sugiere restaurar y dar uso a los biodigestores existentes, además la utilización de microorganismos eficientes para la aceleración de la descomposición del estiércol; asimismo, se recomienda mejorar la dieta alimentaria, como también implementar con tecnología alternativa que ayude la digestión del ganado (píldoras digestivas), con el objetivo de reducir ampliamente las emisiones de metano, todo lo cual permitirá reducir la huella de carbono.

Al Gobierno Regional de San Martín, implementar en el establecimiento medidas de prevención y mitigación de generación de huella de carbono, por ejemplo, el acondicionamiento correcto de los diferentes ambientes de los ganados, establecimiento de forrajes sostenibles, buenas prácticas en la alimentación de ganados y recojo de excretas, prácticas de reforestación en las diferentes áreas, contratación de especialistas en mitigación de gases de efecto invernadero, entre otras medidas más pertinentes.

Al Ministerio de la Producción y Gobierno Regional de San Martín, desarrollar proyectos que permitan mejorar las dietas alimentarias de todos los tipos de ganados con lo cual será posible reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Al Ministerio del Ambiente, recomendar la fiscalización en el desarrollo de la actividad ganadera, asimismo, en la exigencia de medidas de mitigación ambiental y la fomentación de iniciativas que permitan de una u otra forma reducir las emisiones de metano y óxido de nitroso en la producción ganadera.

A investigadores y estudiantes de la escuela de Ingeniería Ambiental, desarrollar investigaciones que permitan determinar las emisiones de huella de carbono por litro de leche o de acuerdo a las razas de ganado bovino que se crían en un lugar determinado, asimismo, desarrollar estudios enmarcados en la evaluación de emisiones indirectas a fin de complementar la estimación de la huella de carbono de la actividad de crianza de ganado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA). (2014). *What Is Climate Change?* NASA. <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/stories/nasa-knows/what-is-climate-change-k4.html>
- Alvarado, V. (2018). *Emisión de metano entérico de vacas en lactación con pastos cultivados en zona altoandina - estación lluviosa y seca* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3585>
- Cabrales, P. (2006). Transporte de gases por medio de perfluorocarbonos. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*, 44(2), 119–122. <https://www.medigraphic.com/pdfs/imss/im-2006/ims062z.pdf>
- Cardenas, D. (2017). *Cálculo de Huella de Carbono del Archivo Central Hochschild Mining sede Lima 2016 a través del Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte* [Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/7080>
- Cavallotti, B., Cesín, A., Ramírez, B., & Marcof, C. (2012). *Ganadería y alimentación: Alternativas frente a la crisis ambiental y el cambio social* (C. Marcof (ed.); Primera ed).
- Center for Science Education (UCAR). (2022). *Carbon Dioxide*. Center for Science Education. <https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/carbon-dioxide>
- Ciampitti, I., Ciarlo, E., & Conti, M. (2005). Emisiones de óxido nitroso en un cultivo de soja [Glycine max (L.) Merrill]: efecto de la inoculación y de la fertilización nitrogenada. *Ciencia Del Suelo*, 25(2), 123–131. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000200003&script=sci_abstract&tlng=en
- Climate Central and Sally Ride Science. (2010). *What you need to know: 20 questions and answers about climate change*.
- Cordero, O. (2011). *Cálculo de la Huella de Carbono según la metodología francesa Billan Carbone. Aplicación a la Sociedad de Transportes Públicos de la ciudad de Limoges S.T.C. L. en el año 2009*.
- Del Real, J., López, A., Barajas, V., Benitez, K., López, E., Medina, N., Ortiz, R., Rojas, J.,

- Santana, S., Vallejo, R., & Villaseñor, D. (2015). *Desarrollo de modelos de gestión ambiental en los sectores productivos del estado de Jalisco* (J. Del Real & A. López (eds.); Primera edición). https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/modelos_de_gestion_ambiental.pdf
- EPA. (2005). *Global warming-Methane*.
- EPA. (2022a). *Descripción general de los gases de efecto invernadero*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- EPA. (2022b). *Emisiones de óxido nitroso*. Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/emisiones-de-oxido-nitroso>
- Grijalbo, L. (2016). *Normativa y política interna de gestión ambiental de la Organización. MF1971*.
- Habib, G., & Khan, A. A. (2018). Assessment and Mitigation of Methane Emissions from Livestock Sector in Pakistan. *Earth Systems and Environment* 2018 2:3, 2(3), 601–608. <https://doi.org/10.1007/S41748-018-0076-4>
- Haro, J., & Gómez, C. (2018). *Mitigación de emisiones provenientes de la ganadería en la región andina*. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7209/BVE18040236e.pdf;jsessionid=D2A8831F874432811A763A5378064D85?sequence=1>
- Hermosilla, A. (2014). *Huella de Carbono en la Universidad Politécnica de Cartagena: En Busca de la Ecoeficiencia*. <https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/5043/tfm384.pdf>
- Hopp, V. (1994). *Fundamentos de tecnología química para formación profesional*. Editorial Reverté, S. A.
- Hristov, A., Oh, J., Chanhee, L., Meinen, R., Montes, F., Ott, T., Firkins, J., Rotz, A., Dell, C., Adesogan, A., Yang, W., Tricarico, J., Kebreab, E., Waghorn, G., Dijkstra, J., & Oosting, S. (2013). *Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera: Una revisión de las opciones técnicas para la reducción de las emisiones de gases diferentes al CO₂*. www.fao.org/publications

- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, & CANCELLERÍA. (2015). *Primer informe bienal de actualización de Colombia ante la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/COLBUR1.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2022). *Climate Change 2022 Impacts, Adaptation and Vulnerability* (H. Pörtner, D. Roberts, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (eds.)). www.ipcc.ch
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis* (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M. Tignor, H. LeRoy, & Z. Chen (eds.)). <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4-wg1-frontmatter-1.pdf>
- Kean, W., Sotos, M., Doust, M., Schultz, S., Marques, A., & Deng, C. (2013). *Protocolo Global para Inventarios de Emisión de Gases: Estándar de contabilidad y de reporte para las ciudades de Efecto Invernadero a Escala Comunitaria* (Primera edición). https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards_supporting/GHGP_GPC%28Spanish%29.pdf
- Lermo, A. (2022). *Huella de carbono de la producción de leche bovina en un sistema de alimentación con alfalfa dormante, Región Puno* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/5238>
- Márquez, J. (2021). *Estimación de la huella de carbono proveniente de la fermentación entérica y gestión del estiércol de rumiantes en la Media y Alta Guajira* [Tesis de postgrado, Universidad de la Guajira]. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/328>
- MINAM. (2014). *Primer Informe Bienal de Actualización del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/374123/perbur1.pdf>
- MINAM. (2020). *Manual de metodologías de cálculo de emisiones GEI*.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2013). *Resultados Definitivos: IV Censo Nacional Agropecuario - 2012*. Ministerio de Agricultura y Riego. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/resultados-definitivos-iv-censo-nacional-agropecuario-2012>

- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA). (2009). *Segunda Comunicación Nacional del Estado Plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Bolivia_SNC_Spanish.pdf
- Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE). (2016). *Reporte del inventario nacional de gases de efecto invernadero del año 2010 de Ecuador*. https://www4.unfccc.int/sites/SubmissionsStaging/NationalReports/Documents/75382601_Ecuador-BUR1-1-REPORTE INGEI 2010-ECUADOR.pdf
- Ocas, P. (2019). *Emisión de metano en dos razas de vacunos lecheros (Holstein y Brown swiss) con dos tipos de alimento (pastura y pastura más concentrado)* [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3447>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2016). *Ganadería de América Latina y el Caribe puede jugar rol clave en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/421098/>
- Páez, E. (2015). *Medición de huellas ambientales como indicadores de sostenibilidad en unidades de producción ganadera bovina en la región centro del departamento de Boyacá, Colombia* [Tesis de Doctorado, Universidad Católica Santa Teresa de Jesús]. <https://ucav.odilotk.es/opac/?id=00046129#fichaResultados>
- Plazas, J. (2012). *Los refrigerantes y el medio ambiente*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16336/Memoria_PFC_Plazas_Monroy_Juan_Pablo.pdf
- Ranganathan, J., Moorcroft, D., Koch, J., & Bhatia, P. (2005). *Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte*. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf
- Riedy, C. (2016). *Climate Change* (G. Ritzer (ed.)). https://www.researchgate.net/publication/311301385_Climate_Change
- Rivera, J. E., Chará, J. D., Murgueitio, E., & Barahona, R. (2015). Estimación de la huella de carbono en sistemas silvopastoriles intensivos y convencionales para la producción

de leche bovina en Colombia Estimating of the carbon footprint in traditional and intensive silvopastoral systems for the production of milk in C. *3° Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles - VIII Congreso Internacional de Sistemas Agroforestales*. https://www.researchgate.net/publication/276026843_Estimacion_de_la_huella_de_carbono_en_sistemas_silvopastoriles_intensivos_y_convencionales_para_la_produccion_de_leche_bovina_en_Colombia

Romero, J. (2015). *Diseño de un plan de administración ambiental para la Hacienda Ganadera San Gerardo* [Tesis de Pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5199>

Ruiz, D., Velarde, J., Fuentes, E., Prudencio, M., & Gómez, C. (2022). Milk carbon footprint of silvopastoral dairy systems in the Northern Peruvian Amazon. *Tropical Animal Health and Production* 2022 54:4, 54(4), 1–8. <https://doi.org/10.1007/S11250-022-03224-5>

Sánchez, F. (2019). *Permisos de emisión y mecanismos de desarrollo limpio* (Editorial Elearning S.L. (ed.); Edición: 1.0).

Schneider, H., & Samaniego, J. (2010). *La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3753/S2009834_es.pdf

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & De Haan, C. (2009). *La larga sombra del ganado, problemas ambientales y opciones*.

USDA. (2004). *US agriculture and forestry greenhouse gas inventory: 1990-2001*.

Wackernagel, M., & Rees, W. (1996). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*.

ANEXOS

Anexo 1. Factores de emisión por defecto del N₂O procedente del manejo de estiércol

Tabla 22

Factores de emisión por defecto del N₂O procedente del manejo de estiércol

Sistema	Descripción	FE ₃ (kg de N ₂ O -N/ kg de nitrógeno excretado)	Rangos de incertidumbre de FE ₃ [%]
Praderas y pastizales	El ganado deposita el estiércol directamente en el suelo, es decir que no se aplica ningún tipo de manejo.	0,02	-50% / +100%
Recolección y depósito diarios	Poco o ningún almacenamiento o tratamiento del estiércol antes de su aplicación a los suelos, por lo que se presume que las emisiones durante el almacenamiento y el tratamiento tienen un valor de cero.	0,0	No se aplica
Almacenamiento en estado sólido ^a	Las heces y la orina (con o sin residuos del lecho de paja) se recogen, pero se almacenan en masa durante un período prolongado (meses) antes de ser vertidos, con o sin sus residuos líquidos, en un sistema de pozos.	0,02	-50% / +100%
Manejo en parcelas secas	En climas secos, los animales pueden mantenerse en corrales de engorde no pavimentados, donde el estiércol se deja secar hasta que se retira periódicamente. Una vez recogido, el estiércol puede ser esparcido en los campos.	0,02	-50% / +100%
Estado líquido/lechoso	Estos sistemas se caracterizan por el almacenamiento combinado de heces y orina en tanques. Para facilitar su manipulación en estado líquido, se	0,001	-50% / +100%

	puede agregar agua a las heces y la orina.		
	Se caracterizan por ser sistemas de descarga de agua que se sirven de ésta para transportar el estiércol a los estanques. El estiércol permanece en el estanque por períodos de 30 a más de 200 días. El agua del estanque puede reciclarse como agua de descarga o destinarse al riego y la fertilización de los campos.	0,001	-50% / +100%
Estanques anaeróbicos			
Pozos abiertos debajo del lugar de confinamiento de los animales	Almacenamiento combinado de heces y orina debajo del lugar de confinamiento de los animales.	0,001	-50% / +100%
Digestor anaeróbico	Las heces y la orina se digieren anaeróticamente para producir gas CH ₄ con fines energéticos.	0,001	-50% / +100%
Quema como combustible ^b	Las heces se recogen, se secan en tortas y se queman con fines de calefacción o para cocinar.	0,007	-50% / +100%
	El N de la orina se deposita en las praderas y pastizales y debe incluirse en esa categoría.	0,02	

(a) Deben usarse datos cuantitativos para distinguir si el sistema se considera una forma de almacenamiento en estado sólido o líquido/lechoso. El límite entre seco y líquido puede establecerse en el 20% de contenido de materia seca.

(b) Las emisiones vinculadas a la quema de las heces deben declararse dentro de la categoría “quema de combustibles” del IPCC cuando se usan como combustible, y dentro de la categoría “incineración de desechos” del IPCC cuando las heces se queman sin sistemas de recuperación de energía. Las emisiones directas e indirectas de N₂O asociadas a la orina depositada en suelos agrícolas se analizan en las secciones 4.7 y 4.8 respectivamente.

Fuente: Manual de Buenas Prácticas del IPCC. Cuadros 4.12

Anexo 2. Factores de emisión por defecto del N₂O procedente de sistemas de manejo del estiércol no especificados en las directrices del IPCC (dictamen del grupo de expertos)

Tabla 23

Factores de emisión por defecto del N₂O procedente de sistemas de manejo del estiércol no especificados en las directrices del IPCC (dictamen del grupo de expertos)

Sistemas adicionales	Definición	FE₃ (kg de N₂O -N/ kg de nitrógeno excretado)	Rangos de incertidumbre de FE₃ [%]
Ganado vacuno y cerdos	Las heces y la orina del ganado vacuno se excretan sobre el suelo del lugar de confinamiento. Los residuos acumulados se retiran tras un período prolongado.		
Lecho de paja profundo	<1 mes	0,005	-50% / +100%
	>1 mes	0,02	
Descomposición orgánica (compostaje) – manejo intensivo	Las heces y la orina se recogen y se colocan en un recipiente o túnel, donde se someten a aireación forzada.	0,02	-50% / +100%
Descomposición orgánica (compostaje) – manejo extensivo	El estiércol y la orina se recogen, se apila se dan vuelta periódicamente para que se aireen.	0,02	-50% / +100%
Estiércol de aves de corral con cama	El estiércol se excreta sobre el suelo con cama. Las aves pisan los residuos.	0,02	-50% / +100%
Estiércol de aves de corral sin cama	El estiércol se excreta sobre el suelo sin cama. Las aves no pisan los residuos	0,005	-50% / +100%
Tratamiento aeróbico	Las heces y la orina se recogen en estado líquido. Los residuos se someten a aireación forzada, o se tratan en sistemas de estanques aeróbicos o pantanos para permitir la nitrificación o desnitrificación.	0,02	-50% / +100%

Anexo 3. Valores por defecto para el porcentaje de N en el estiércol producido con diferentes sistemas de manejo de estiércol

Tabla 24

Valores por defecto para el porcentaje de N en el estiércol producido con diferentes sistemas de manejo de estiércol

Región	Tipo de animal	% de producción de estiércol para cada SME						
		Lagunas anaeróbicas	Sistema de tipo líquido	Abonado diario	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Praderas y pastizales	Combustible utilizado	Otros sistemas
	Ganado no lechero (D)	0	0	0	0	99	0	1
	Ganado lechero	0	1	62	1	36	0	0
América Latina	Aves de corral (E)	0	9	0	0	42	0	49
	Ovejas	0	0	0	0	100	0	0
	Cerdos	0	8	2	51	0	0	40
	Otros animales (F)	0	0	0	0	99	0	1

(D) incluye búfalos (E) incluye pollo, pavos y patos (F) incluye cabras, caballos, mulas, asnos y camellos

Fuente: Adaptado de Tabla 4-7 del Libro de Trabajo de las Directrices del IPCC 1996.

Anexo 4. Figuras

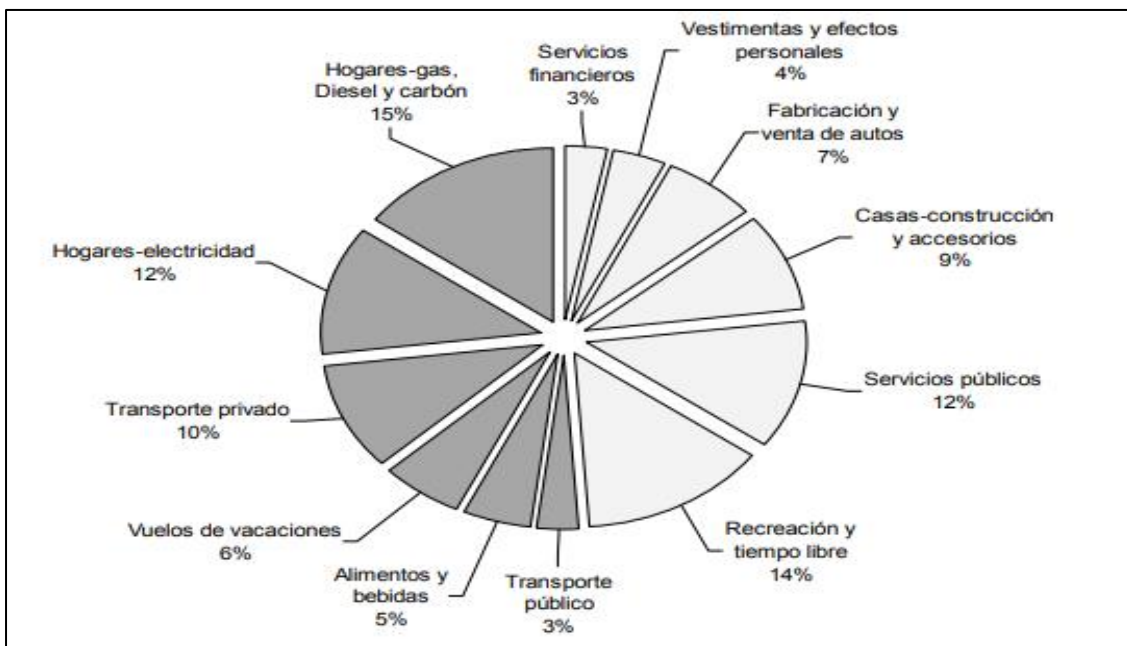


Figura 21. Principales componentes de la huella de carbono de un habitante de países desarrollados. Fuente: Schneider & Samaniego, (2010).

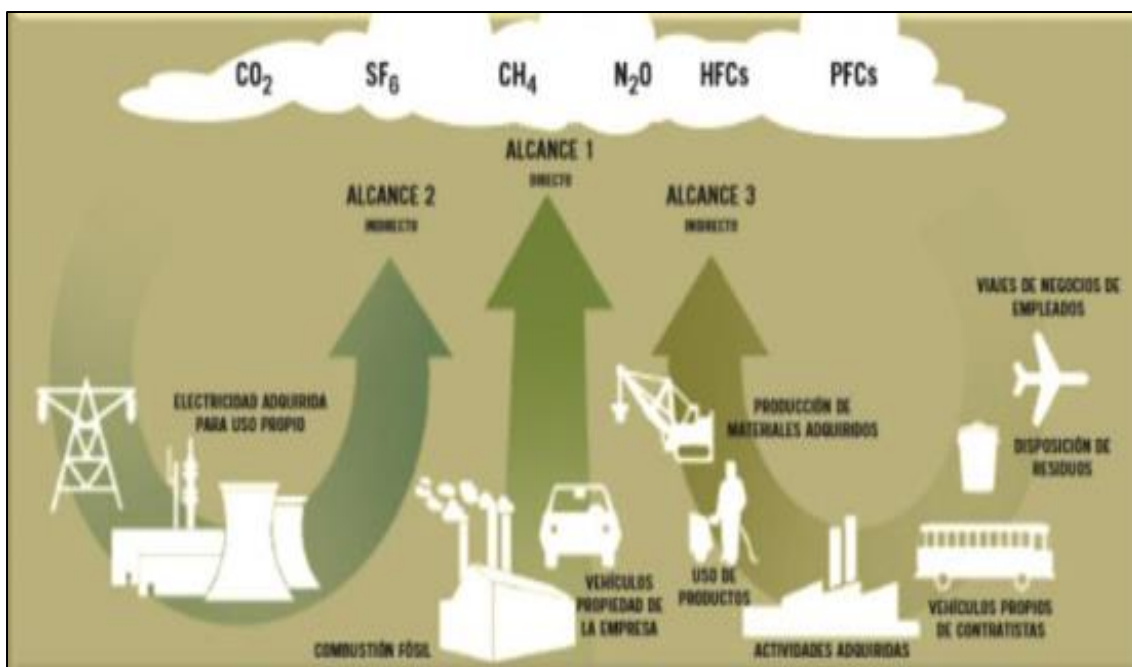
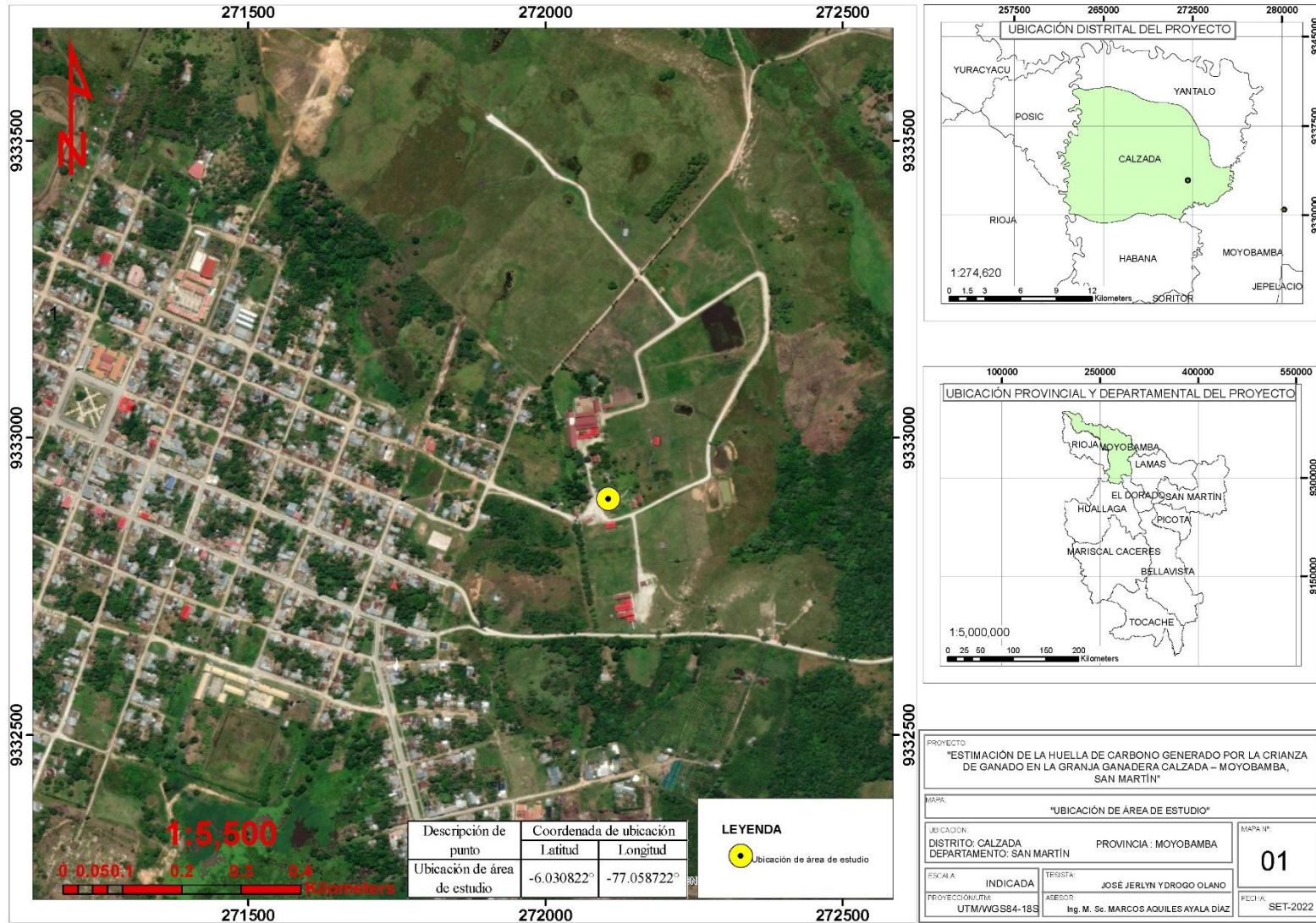


Figura 22. Resumen de alcances y emisiones a través de la cadena de valor. Fuente: Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte.

Anexo 5. Ubicación del área de estudio



Anexo 6. Registro fotográfico



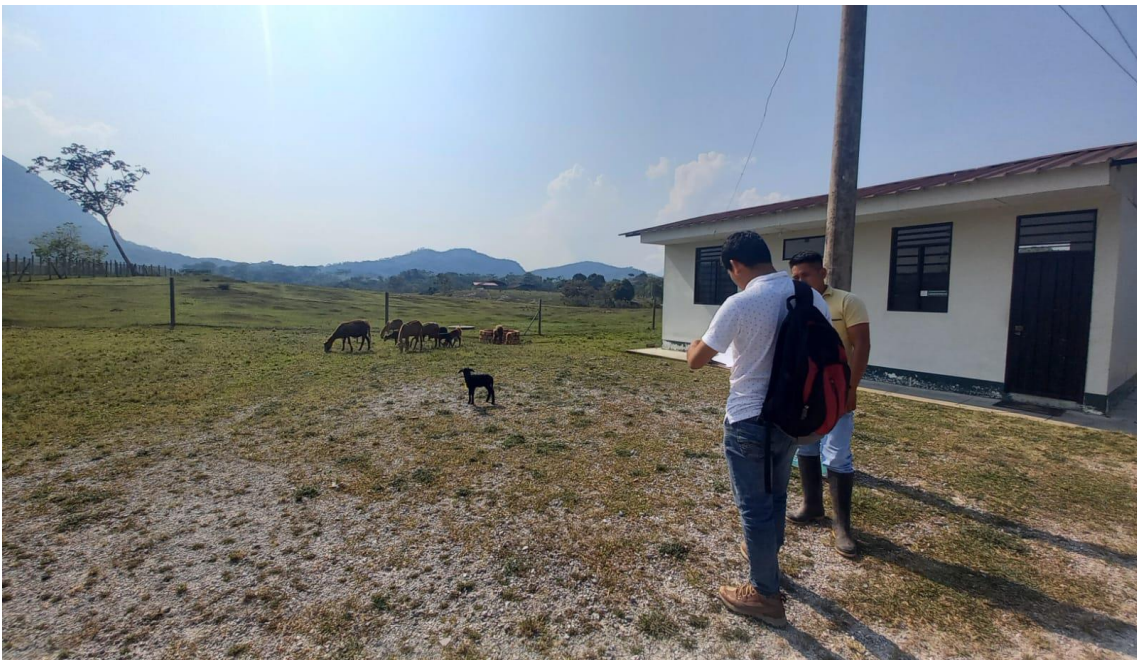
Fotografía 1. Caracterización de ganados equinos.



Fotografía 2. Caracterización de ganados bovinos.



Fotografía 3. Caracterización de ganados bovinos según razas.



Fotografía 4. Caracterización de ganados ovinos y caprinos.



Fotografía 5. Evaluación del sistema de manejo de estiércol.



Fotografía 6. Plantel de bovinos de la raza Brangus.



Fotografía 7. Plantel de bovinos de la raza Girolando.

Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada – Moyobamba, San Martín

por José Jerlyn Ydrogo - Olano

Fecha de entrega: 31-may-2023 09:22a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2106038412

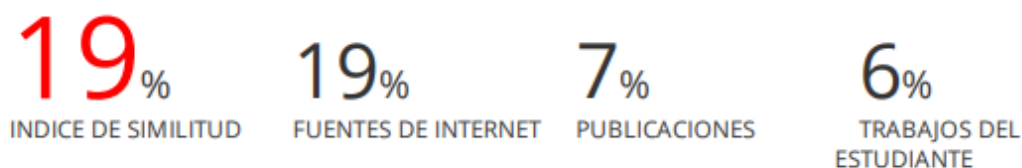
Nombre del archivo: ING_AMBIENTAL_-_Jos_Jerlyn_Ydrogo_Olano_1.docx (4.18M)

Total de palabras: 18281

Total de caracteres: 95642

Estimación de la huella de carbono generado por la crianza de ganado en la Granja Ganadera Calzada – Moyobamba, San Martín

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
2	documentop.com Fuente de Internet	2%
3	tesis.unsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	infocarbono.minam.gob.pe Fuente de Internet	1%