



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Sede Ibarra

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y AMBIENTALES

INFORME FINAL DEL PROYECTO

TEMA:

“Estimación de la huella de carbono en ganadería lechera mediante el software *Cool Farm Tool (CFT)* en la provincia de Carchi – Ecuador.”

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERA ZOOTECNISTA

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión sostenible y aprovechamiento de recursos naturales.

SUBLINEA: Ambiente y biodiversidad.

AUTOR: Melany Paulina Vásquez Merlo

ASESOR: PhD. JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

Ibarra, 07 de septiembre de 2022

Ibarra, 07 de septiembre de 2022

PhD. JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

ASESOR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigente en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales (ECAA), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI); en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



(f).....

PhD. JHENNY MARLENE CAYAMBE TERÁN

C.C.: 1721122370

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El jurado examinador, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....

Ph.D. Jhenny Cayambe Terán

C.C.: 1721122370



(f).....

Mgs. Luis Humberto Haro B.

C.C.: 1002739389



(f).....

Mgs. María Fernanda López F.

C.C.: 1002509600

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 de Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar de sus obras o prestaciones, a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

Ibarra, 07 de septiembre de 2022



f):

MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO

C.C.: 1004597579

AUTORÍA

Yo, MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO, portador de la cédula de ciudadanía N° 1004597579, declaro que la presente investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.

f): 

MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO

C.C.: 1004597579

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO, con C.C.: 1004597579, autor del trabajo de grado intitulado: “ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN GANADERÍA LECHERA MEDIANTE EL SOFTWARE *COOL FARM TOOL (CFT)* EN LA PROVINCIA DE CARCHI – ECUADOR”, previo a la obtención del título profesional de Ingeniería en Zootecnia, en la Escuela de Ciencias Agrícolas y Ambientales.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCESI el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Ibarra, 07 de septiembre de 2022



f):

MELANY PAULINA VÁSQUEZ MERLO

C.C.: 1004597579

**DECLARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ÉTICO EN LA ELABORACIÓN,
DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro conocer y aplicar en la elaboración, desarrollo y evaluación de Proyecto de Titulación: ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN GANADERÍA LECHERA MEDIANTE EL SOFTWARE *COOL FARM TOOL (CFT)* EN LA PROVINCIA DE CARCHI – ECUADOR, lo propuesto en el Código de Ética de la investigación y el aprendizaje de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, aprobado por el Consejo Superior de la PUCE con fecha 07 de septiembre de 2022.

Para constancia firma:

f): 

Melany Paulina Vásquez Merlo
Estudiante que ejecuta el trabajo de Titulación
C.C/ Pasaporte: 1004597579
Carrera: Ingeniería en Zootecnia

Ibarra, 07 de septiembre de 2022

DEDICATORIA

Para mi mamá.

AGRADECIMIENTO

Primero que todo gracias a Dios, él me ha dado fuerzas para seguir y no abandonar ningún proyecto que he realizado.

Gracias a mi mamá, que siempre ha estado ahí en todos mis momentos felices, tristes, de preocupación y de estrés; gracias a ella ya que es la persona más preocupada por mi educación y por formar mi pensamiento ético y moral de manera correcta, y por hacer de mí una futura buena profesional con sus consejos y comprensión.

A mi familia, por alegrarme en todo este proceso de haber realizado mi tesis, y apoyarme incondicionalmente, incluso sin entender el nivel de presión que me llevó realizar esto.

A mi novio, por apoyarme, comprenderme, quererme y ayudarme en todo este proceso de la tesis, por comprender cuando el estrés me invadía y por ser una increíble persona conmigo siempre.

Finalmente, gracias a mi asesora, que ha sido una increíble docente, muy justa y comprensiva, que me ayudó en todo este proceso de la tesis; sin ella este proyecto de investigación no hubiera sido posible.

Muchas gracias, no hubiera podido lograrlo sin la ayuda, apoyo, comprensión y cariño de todos ustedes.

ÍNDICE

RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I.....	17
INTRODUCCIÓN.....	17
CAPÍTULO II.....	20
OBJETIVOS	20
2.1. Objetivo general	20
2.2. Objetivos específicos.....	20
2.3. Pregunta directriz	20
CAPÍTULO III.....	21
ESTADO DEL ARTE.....	21
3.1 Huella de carbono generada por la ganadería	21
3.2 Principales causas del aumento de GEI por ganadería	24
3.3 Zona de estudio (Carchi)	27
3.4 Estimación de huella de carbono	29
3.5 Descripción del software CFT	29
3.6 Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en ganadería (GEI)	30
CAPÍTULO IV.....	34
MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
4.1. Materiales	34
4.1.1 Materiales para la recopilación de información.....	34
4.1.2 Materiales de análisis y estimación de emisiones.....	34
4.2 Categorización de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi mediante la caracterización socioeconómica y de manejo de los sistemas productivos.....	34
4.3 Estimación de las emisiones de GEI producidas por las fincas de ganadería lechera en la zona de estudio utilizando el software Cool Farm Tool.....	36

4.4 Identificación de potenciales buenas prácticas ganaderas enfocadas a la mitigación de GEI con potencial de aplicación en la zona de estudio.....	43
CAPÍTULO V.....	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
5.1 Categorización de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi mediante la caracterización socioeconómica y de manejo de los sistemas productivos.....	44
5.1.1 Análisis de las características socioeconómicas	44
5.1.2 Análisis del manejo de los sistemas productivos.....	47
5.1.3 Asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi.	53
5.2 Estimación de las emisiones de GEI producidas por las fincas de ganadería lechera en la zona de estudio utilizando el software Cool Farm Tool.	54
5.2.1 Emisiones por finca	54
5.2.2 Emisiones por hectárea	56
5.2.3 Emisiones por litro de leche	58
5.2.4 Principales fuentes de emisión de GEI en las fincas de ganadería lechera	60
5.3 Estrategias de mitigación para reducir la huella de carbono (HC) en Ganadería Lechera en la Zona de Carchi – Ecuador.	64
5.3.1 Estrategias de mitigación de emisiones por fermentación entérica	64
5.3.2 Estrategias de mitigación de emisiones por tipo de pasto que consumen	65
5.3.3 Estrategias de mitigación de emisiones por consumo de energía	67
5.3.4 Estrategias de mitigación para producción de forrajes	67
5.3.5 Otras estrategias de mitigación de GEI	68
CAPÍTULO VI.....	70
CONCLUSIONES.....	70
CAPÍTULO VII	73
RECOMENDACIONES.....	73
CAPÍTULO VIII.....	74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

ANEXOS	87
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos de manejo de la ganadería lechera para ingreso al software CFT.	37
Tabla 2 Energía utilizada por grupo de finca.	40
Tabla 3 Recorrido del transporte empleado por las fincas en estudio.	41
Tabla 4 Descripción estadística de las características socioeconómicas de las fincas ganaderas en Carchi – Ecuador.	44
Tabla 5 Descripción estadística de las características de manejo de las fincas ganaderas en Carchi – Ecuador.	48
Tabla 6 Asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica Carchi – Ecuador.....	35
Figura 2 Emisiones por finca de ganadería lechera. Carchi - Ecuador.....	55
Figura 3 Emisiones por hectárea de ganadería lechera. Carchi-Ecuador.....	57
Figura 4 Emisiones por litro de leche en fincas ganadería de Carchi-Ecuador.....	59
Figura 5 Principales emisiones de GEI en las fincas de producción lechera.....	61

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Pequeñas.....	87
Anexo B Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Medianas.	91
Anexo C Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Grandes.	94

RESUMEN

Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) pueden ser causadas por muchos factores, entre ellos la ganadería bovina lechera. La acumulación de estos gases en la atmosfera genera un aumento de temperatura conocido como calentamiento global. Pocas investigaciones se han realizado en torno a las emisiones que genera esta área en Ecuador, razón por la cual se planteó calcular las emisiones que generan las fincas de lechería en la provincia de Carchi – Ecuador, como un primer acercamiento a los productores y poder recomendar prácticas de manejo de las fincas.

El objetivo de esta investigación fue estimar la cantidad de GEI que genera la ganadería lechera en la zona de estudio, y a partir de esto proponer prácticas para la disminución de las mismas. Para ello se realizó una caracterización de la producción de leche de 170 fincas ganaderas en la zona de estudio, mediante encuestas que recopilaron información socioeconómica (edad del productor, nivel de educación, años de experiencia dedicados a ganadería); manejo del ganado y pastos (superficie dedicada a ganadería, cantidad de litros/año, cantidad de energía utilizada por propietario, fertilización). Se realizó una asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos. De acuerdo a las características de hato bovino se agruparon en tres categorías: fincas pequeñas (1- 9 vacas), medianas (10-30 vacas) y grandes (mayor a 31 vacas). Posteriormente se estimaron las emisiones generadas totales, por hectárea, por producción de litro de leche y por tipo de emisiones de cada grupo, mediante el software Cool Farm Tool.

El estudio identificó, bajo el contexto de acciones de mitigación de GEI, varias prácticas que pueden ayudar a generar una ganadería más consciente de las emisiones que causa esta práctica al medioambiente.

Palabras clave: Gases de Efecto Invernadero, ganadería, Cool Farm Tool, emisiones, mitigación

ABSTRACT

Greenhouse Gas (GHG) emissions can be caused by many factors, including dairy farming. The accumulation of these gases in the atmosphere generates an increase in temperature, known as global warming. Few investigations have been carried out about the emissions generated by this area in Ecuador, that's the reason why this investigation proposed to calculate the emissions generated by dairy farms in the province of Carchi - Ecuador, as a first approach to producers and recommend farm management practices.

The objective of this research was to estimate the amount of GHG generated by dairy farming in this area, and with this propose practices to reduce emissions. A characterization of the milk production of 170 dairy cattle farms in the study area was carried out, through surveys that collected socioeconomic information (age of the producer, studies carried out, level of education, years of experience dedicated to dairy farming); livestock and pasture management (area dedicated to dairy farming, number of liters/year, amount of energy used per owner, fertilization). An association was made between socioeconomic variables and management of productive systems. According to the characteristics of the cattle, they were grouped into three categories: small farms (1-9 cows), medium-sized (10-30 cows) and large (greater than 31 cows). Subsequently, the total emissions generated were estimated, per hectare, per liter of milk production and by type of emissions for each group, using the Cool Farm Tool software.

The study identified, in the context of GHG mitigation actions, several practices that can help generate livestock farming that is more aware of the emissions that this practice causes to the environment.

Keywords: Greenhouse gases, dairy farming, Cool Farm Tool, emissions, mitigation

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un problema que se ha venido dando desde hace décadas. Según Martín (2017), una de las causas de esto es la emisión de metano generado por la ganadería. Un rumiante en etapa adulta puede generar entre 16 a 17 litros de metano/hora lo que genera que este gas no pueda ser metabolizado por el animal. La actividad ganadera se enmarca como uno de los sectores que generan un mayor impacto negativo al medio ambiente. También contribuye en gran medida a las emisiones estimándose un 18% del total de emisiones generadas por la ganadería (Naranjo & Buitrago, 2019).

La producción de ganado y la agricultura en general ocasionan el incremento de gases de efecto invernadero, factores como: emisiones de N₂O que proceden del suelo agrícola, metano procedente de la ganadería, sistemas de producción de ganadería extensiva con potreros que cuentan con poca presencia de árboles y arbustos, sobrepastoreo y aplicación de fertilizantes en el suelo; convirtiéndose estos en los que más llegan a afectar al medioambiente y ser parte del cambio climático (Godino, 2021).

La actividad ganadera en Ecuador según Benaouda & González (2017), se encuentra como una de las más importantes para el sector agropecuario, sin embargo, el alcance tecnológico que tiene no es adecuado, y esto se ve expresado en los bajos índices de productividad que llega a tener por litro, causando que las emisiones por finca lechera sean mucho mayores que su productividad, por supuesto, dependiendo del tipo de manejo con el que cuenten las mismas.

En la zona norte del país, especialmente en la provincia de Carchi la ganadería lechera ha ido en aumento, todo esto gracias a factores como la adaptación de los animales, topografía, climatología y cruces resultantes entre razas lecheras más manejadas en la región (Holstein y Jersey), llegando a tener producciones de diversos tamaños por toda la provincia con distintos niveles de intensificación y creciente eficacia económica (Salazar & Cochet, 2016).

La siguiente investigación propuso realizar encuestas que establecieron datos del área de estudio, en el cual los resultados se utilizaron para estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, y con esto generar medidas de mitigación mediante propuestas con enfoque a cambio en la alimentación del ganado lechero de la zona, ya que este sector del país cuenta con productores con distinto número de hato y propiedades.

Este documento describe los métodos utilizados para evaluar los datos de las fincas de ganadería lechera en la provincia de Carchi, primero se realizó una encuesta de caracterización, categorización socioeconómica (edad del productor, estudios realizados, nivel de educación, años de experiencia dedicados a ganadería) y de manejo del ganado y pastos (superficie dedicada a ganadería, cantidad de litros/año, cantidad de energía utilizada por propietario, fertilización), después de esto se realizó una asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos.

Basándose en las características de hato bovino lechero se realizó una división por grupos: grupo 1 (1- 9 vacas), grupo 2 (10-30 vacas) y grupo 3 (mayor a 31 vacas). Se ingresaron los datos al software Cool Farm Tool (CFT) y el mismo arrojó resultados totales por finca, por hectárea, por litro de leche y por tipo de manejo de las fincas lecheras.

Con los resultados de esta investigación se propusieron estrategias de mitigación de GEI aplicables para la zona de estudio investigados mediante bibliografía para gestionar las emisiones producidas por producción de fincas lecheras en la zona. El objetivo principal de esta investigación se encuentra enfocado en proponer medidas de reducción de GEI implementando estrategias acordes a la zona de estudio y medidas que podrían mejorar condiciones en cuanto a fermentación entérica, consumo por tipo de pasto, energía y producción de forraje.

Las acciones de mitigación de GEI proponen mediante buenas prácticas ganaderas reducir emisiones, principalmente enfocadas a cambios de alimentación del ganado, como suplementación de dieta animal, estrategias como henolaje y ensilaje para evitar el sobrepastoreo, implementación de sistemas silvopastoriles y propuestas más ecológicas para

reducir el uso de energía eléctrica en las fincas lecheras grandes de la zona (Torres et al., 2021).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Estimar las emisiones de GEI mediante la utilización del software Cool Farm Tool en la producción ganadera de leche, para la propuesta de medidas de reducción de gases, en la provincia de Carchi-Ecuador.

2.2. Objetivos específicos

- Categorizar las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi mediante la caracterización socioeconómica y de manejo de los sistemas productivos.
- Estimar las emisiones de GEI producidas por las fincas de ganadería lechera en la zona de estudio utilizando el software Cool Farm Tool.
- Identificar buenas prácticas ganaderas enfocadas a la mitigación de GEI con potencial de aplicación en la zona de estudio.

2.3. Pregunta directriz

¿Cuánto es la estimación de gases de efecto invernadero en la producción ganadera de leche en la provincia de Carchi?

CAPÍTULO III

ESTADO DEL ARTE

3.1 Huella de carbono generada por la ganadería

Los gases de efecto invernadero o también abreviado (GEI) se identifican como un componente atmosférico, tanto natural como antropogénico, que absorbe y emite radiación a longitudes de onda específicas dentro del espectro de radiación infrarroja emitida por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (Chassoul, 2017).

La ganadería es un factor importante para el aumento de emisiones de GEI mundial, según Cheng et al., (2022) el estimado total de las mismas es de 8.1 gigatoneladas de CO₂ equivalente por año. Los sistemas de ganadería, como mencionan Ghahramani et al., (2019), contribuyen entre el 12% a 19% de gases de efecto invernadero, esto sucede debido a las emanaciones de metano entérico, convirtiéndose en el 44% de GEI por ganadería; N₂O que aporta con un 29%, causado por cultivos forrajeros y excremento; y gases de CO₂, generados por la pérdida de carbono del suelo y el uso de combustibles fósiles dentro de la finca productora.

3.1.1 Emisiones de GEI por ganadería en Ecuador

La ganadería, en Ecuador es un factor importante, tanto económicamente como en alimentación de la población en general, pero considerando que es uno de los negocios más rentables este mismo no es controlado a nivel ambiental, es decir, no se tiene un plan específico para medir los Gases de Efecto Invernadero que esto llega a generar en cuanto a emisiones. Según Rico (2020), esto se asocia principalmente a la cría de animales por sistemas extensivos y mixtos de rumiantes, ya que gracias a este proceso se aprovecha de mejor manera los recursos forrajeros del país.

El crecimiento constante de los gases de efecto invernadero (GEI) causa un sobrecalentamiento, degradación de la capa de ozono, entre diferentes factores que afectan el medioambiente y por ende al planeta. El CO₂ se considera el gas que más se encuentra y

el que actualmente causa un mayor impacto en el calentamiento de la capa terrestre o también llamado calentamiento global. Actualmente, según diferentes estudios, como: “Methane Emissions from a Grassland-Wetland Complex in the Southern Peruvian Andes” (Jones et al., 2019) o “Desarrollo de una red de sensores inalámbricos (rsi) para la caracterización de gases de efecto invernadero CO₂ y CH₄ en la ciudad de Juliaca” (Quispe et al., 2020), las concentraciones de metano se consideran menores comparadas con las concentraciones de CO₂, aunque estas también han aumentado rápidamente. “Poseen un efecto 21-30 veces más contaminante con respecto al CO₂, considerándose que en el tiempo el metano pueda ser predominante” (Carmona, 2017, p. 50).

3.1.2 Emisiones de gas metano (CH₄) por ganadería

El gas metano (CH₄) se viene posicionando como el segundo GEI emitido por ganadería, según Bekele et al., (2022), este gas tiene 25 a 28 veces más posibilidad de incrementar el calentamiento global, en base a lo que causaría el CO₂. El metano antropogénico para Ibidhi et al., (2021) proviene de varias actividades, entre ellas actividades agrícolas como producción de papa y arroz, y actividades pecuarias como la ganadería, generando un 53% de metano proveniente de la rumia de bovinos y de la excreción de los mismos.

Al año, mundialmente, la producción de CH₄ entérico producido por rumiantes, según Vásquez-Carrillo & Ku-Vera (2020), es de 80 millones de toneladas/año, equivalen al 28% total de emisiones de CH₄ antropogénico. La producción ganadera es un componente importante de la agricultura y también un contribuyente principal de las emisiones antropogénicas de GEI, según Prathap et al., (2021), los rumiantes generan 2,098,787.77 CO₂-eq del CH₄ entérico total, del cual el 18,9% es proveniente de la ganadería lechera.

3.1.3 Emisiones de óxido nitroso (N₂O) por ganadería

Este GEI interviene directamente en la degradación de la capa de ozono provocando que se vuelva cada vez más fina, teniendo un potencial de calentamiento de un 310% más que el CO₂. La principal causa del aumento de este gas, en ganadería, es por la nitrificación y desnitrificación de los suelos agrícolas; también se lo asocia a actividades como manejo de

heces de bovinos. Según Soosten et al., (2020), la calidad del forraje mejora con la aplicación de fertilizantes nitrogenados pero el manejo inoportuno de los sistemas de pastoreo incrementa las pérdidas de nitrógeno (N) produciendo en mayor cantidad gases N₂O (Óxido Nitroso).

Al año, globalmente, la emisión de N₂O se encuentra estimada en 17,7 ton/N por año, el sector agrícola se ve afectado directamente a causa de los suelos y cultivos para alimentación humana y animal, “una molécula de CO₂ tiene una vida media en el ambiente de 1000 años mientras que una molécula de N₂O es de 100 años” (Morera & Villalobos, 2020, pp. 29-30). Comparando con el metano que genera una vida de 10 años en el ambiente, el N₂O se convierte en un gas mucho más peligroso y con más capacidad de daño que el metano.

3.1.4 Emisiones de dióxido de carbono (CO₂) por ganadería

Las emisiones de CO₂ por ganadería, según Todde et al., (2018), a nivel mundial generan alrededor de 8 a 1.2 giga toneladas de CO₂ equivalente durante la época del 2000, representando al CO₂ con un 25% del total de las emisiones, determinando a la actividad ganadera como el mayor causante de GEI en cuanto a actividades agropecuarias respecta. Este gas es el más abundante de los 3 principales gases, y es el principal en aportar al calentamiento global, siguiéndole de muy cerca el óxido nitroso, este gas no es considerado contabilizable debido a que todos los animales existentes en el planeta emiten CO₂ de manera natural.

Por lo tanto, la medición de huella de carbono según Riojas & Badii (2018), se traduce más a la emisión de los demás gases y se expresa usualmente en kilogramos de dióxido de carbono equivalente por unidad de producto (Kg CO₂ eq).

3.1.5 CO₂ equivalente

El CO₂e o CO₂ equivalente es una medida utilizada para indicar el potencial de calentamiento global o GWP (siglas en inglés para Global Warming Potential) para cada uno de los distintos GEI. La forma de leer esta medida es: 1 tonelada de metano (CH₄) es igual a 25 toneladas de

dióxido de carbono (CO₂e). Como mencionan Barleta & Sánchez (2020), esta medida se usa también para evaluar el impacto de las emisiones de GEI y con esto poder aplicar medidas para contrarrestar el mismo. Según Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC (2021), la fórmula para calcular CO₂e es 1 kg CH₄ = 25 kg CO₂e para el metano y, 1 kg N₂O = 298 kg CO₂e para óxido nitroso.

3.2 Principales causas del aumento de GEI por ganadería

Existen diferentes causas del aumento de Gases de Efecto Invernadero, la mayor parte de Dióxido de Carbono (CO₂) proviene de los efectos que la deforestación causa a nivel de suelo, el cual se da por la necesidad de expandirse el terreno para la producción de pastos y forrajes para alimentar al ganado; la fermentación entérica, es el principal causante de las emisiones de metano gracias al estiércol que genera el animal. San Martin et al., (2022), en su investigación estiman que la producción de carne y leche de vacuno es responsable del 41% y del 29% respectivamente de las emisiones totales del sector ganadero.

Desde un punto de vista ambiental, en el sector alimentario y todas las actividades que contribuyen de manera indirecta intervienen de gran manera acciones que llegan a causar un cambio negativo en el medio ambiente, por eso es que la ganadería, como tal, como dice Saiz (2017), es uno de los cimientos del cambio medioambiental y la generación de gases de efecto invernadero.

3.2.1 Uso de energía y tierra agrícola para ganadería

Para Cheng et al., (2022), el suministro ganadero, el aumento de emisiones se da gracias al derroche de energía que proviene del mismo, siendo una parte de esta energía puesta a disposición de la producción de insumos utilizados para la fertilización de los forrajes y las operaciones que se dan para el momento de la siembra de los mismos, entre los cuales también se encuentra la maquinaria necesaria para transportar piensos, entre otros; considerando que la mayoría de fincas dedicadas a ganadería en varios sectores de la provincia de Carchi también tienen un doble propósito dedicado en parte a la agricultura, lo

cual ocasiona que esta misma energía se utilice para producción, elaboración y transporte de productos agrícolas.

Según Molieleng et al., (2021), el uso de pesticidas, herbicidas y fertilizantes que son usados en los cultivos que alimentan a los animales son los mayores contribuyentes del mal uso de la tierra agrícola para ganadería, causando la contaminación de la misma. El uso de estos fertilizantes artificiales genera erosión lo que causa que se dañe la cubierta basal del pasto y, por lo tanto, que se busquen tierras fértiles para seguir con el proceso de alimentación del ganado.

3.2.2 Fermentación entérica

Las emisiones de metano representan un potencial de calentamiento global mucho mayor que las emisiones de CO₂, como indican Weerden et al., (2018), la producción de estos gases se encuentra mayormente influenciada por la alimentación de ganado, manipulación de ganado, manipulación de forrajes para crear forrajes de alta calidad, entre otros factores. El metano es producido en el rumen, los encargados de esto son microorganismos altamente anaerobios, todo esto conduce a la biogénesis del CH₄.

La cantidad de metano entérico que se genera por un rumiante depende de distintos factores, como son alimentación, composición de dietas, frecuencia alimentaria, entre otros, como proponen Benaouda & Gonzáles (2017), una vaca lechera produce aproximadamente 400 litro de metano entérico por día, uno de los factores que más afecta es la cantidad de ácidos grasos volátiles (AGV) producidos por la fermentación ruminal.

3.2.3 Manejo de desechos del ganado

Los desechos orgánicos generados por ganado bovino son caracterizados de diferentes formas, según Cadena (2019), existen los de “baja densidad y alto volumen” como son aguas residuales y de “alta densidad y bajo volumen” siendo el estiércol proveniente de los ruminantes, el manejo de estos es muy importante debido a que, aparte que aportan, de menor manera, a las emisiones de GEI, también pueden ser reutilizados en la producción tanto de

pastos, forrajes y cultivos dedicados a la agricultura, gracias a la capacidad que estos desechos tienen de retención de agua como del contenido de oxígeno que aportan al suelo.

La producción de compost es una gran alternativa en fincas dedicadas a la producción tanto de cultivos como animal, según Olivorio & Bustillo (2021), reduciendo las emisiones de metano y aportando nutrientes al suelo, siendo esta medida ventajosa incluso a nivel de costos, reducción de espacio de desechos, haciendo que el estiércol del ganado sea fácil tanto de manejar como de utilizar.

3.2.4 Cambio Climático

Las emisiones causadas por el sector agropecuario afectan de manera tanto directa como indirecta en el calentamiento global, según Baccour et al., (2021), siendo las actividades humanas como la ganadería causantes con mayor índice de aumento de GEI, en la cual, todas las etapas de producción bovina, tanto de carne como leche, causan efectos diarios, la fermentación entérica, producción de pastos y forrajes o piensos, “la producción pecuaria se debe cerca del 9% del total de las emisiones de dióxido de carbono, un 37% del metano y un 65% del óxido nitroso” (León & Torres, 2020, pp. 1-15).

Procesos como la producción de forrajes para alimentación animal, aplicación de fertilizantes químicos, causan la lixiviación del suelo; estiércol liberado tanto como fertilizante; la deforestación de bosques para crear espacios para agricultura y ganadería, y la introducción de estos rumiantes dentro de una zona, causan grandes cantidades de GEI que son emitidos a la atmósfera, llegando a afectar el clima de una zona o región. El impacto del cambio climático, según Ghahramani et al., (2019), genera un impacto en la alimentación a base de pastura del ganado lechero, por lo tanto, las emisiones de CO₂ puede reducir la concentración de proteína proveniente de los forrajes más comunes administrados al ganado reduciendo la calidad del mismo.

La producción ganadera es una gran causante de los inconvenientes ambientales, dentro de los cuales ciertos factores causan diferentes problemas como son: el aumento de la temperatura terrestre, erosión del suelo, pérdida de la biodiversidad, cambios en la atmósfera

y la contaminación del recurso hídrico del planeta; compone una cuarta parte de los gases que maximizan los GEI (Baccour et al., 2021).

La ganadería contribuye con el 80% de las emisiones de CH₄ del sector pecuario, todo esto se da gracias a un factor llamado, para Velasco (2017), “*fermentación entérica de los alimentos*”, este factor explica que los alimentos ingeridos por los bovinos ingresan en el tracto digestivo, ocasionando diversas reacciones como: “ácidos grasos volátiles, butirato, hidrógenos, dióxido de carbono, entre otros”; después estos son reducidos y convertidos en metano.

3.3 Zona de estudio (Carchi)

A continuación, se realiza una breve descripción bibliográfica de la zona de estudio, sus características climáticas-demográficas, así como la importancia de la ganadería en esta provincia.

La provincia del Carchi se encuentra ubicada al norte de Ecuador, esta provincia se encuentra en frontera con Colombia, y toma nombre porque por su zona de ubicación geográfica e hidrográfica se encuentran ubicadas en el río Carchi, lugar en el cual la actividad agropecuaria es común en la zona, siendo la ganadería de leche la actividad ganadera predominante. (Albuja & Basantes, 2020)

3.3.1 Características climáticas de la zona

El clima predominante es de tipo paramo y semihúmedo en zonas cercanas al valle del Chota, para Betancourt (2019), la temperatura más común oscila entre 10 a 15 grados centígrados, siendo de estado mesotérmico tipo seco, siendo que por la altura no se puede retener humedad, recibiendo lluvias seguidas a lo largo de un año.

Esta provincia tiene diferentes pisos climáticos para Martínez (2016), debido a que su territorio se encuentra en escala desde los 1000 msnm, las temperaturas predominantes van de 20 a 27 grados centígrados, ubicando estos climas en la frontera con Esmeraldas, y climas

helados que van de 9 a -4 grados centígrados en sectores como el volcán Chiles ubicado a 4747 msnm.

3.3.2 Características demográficas de la zona

La provincia del Carchi como dicen Salazar & Cochet (2016), se encuentra en una zona atravesada por la Cordillera de los Andes, siendo esta zona considerada montañosa, la mayor altura ubicada es el volcán Chiles que se encuentra a 4747 msnm.

Se destaca por ser una zona de paramo, lugar donde se surgen los ríos más grandes la región desembocando las raíces de los ríos a toda la provincia, el relieve de esta provincia se ve reflejado por el altiplano carchense y va bajando hacia el valle del Chota, en el cual, tanto el clima como la altitud disminuyen notablemente, convirtiéndose en una zona semi árida.

3.3.3 Importancia de la ganadería en la zona de estudio

La importancia de la ganadería en la provincia del Carchi como dicen Peña et al., (2019), se ve reflejada en su economía ya que esta se basa principalmente en el comercio; esta provincia dentro del marco Ecuador es la tercera generando rentas por importaciones y exportaciones para el país. La industria láctea tiene un lugar importante en la economía, debido a que esta es una fuente muy importante de ingresos regionalmente.

3.3.4 Superficie ganadera de la zona

La superficie ganadera de la zona actualmente se encuentra en 17600 hectáreas correspondientes a las diferentes fincas entre 1 y 200 hectáreas dedicadas a ganadería lechera en el sector. La evolución agrícola en el Carchi ha sido uno de los factores predominantes del crecimiento del sector pecuario dentro de la zona, como dice Quijia (2020), en los años 40 a 60 la producción de vaca Holstein se encontraba en índices bajos respecto a las zonas ganaderas del país, pero en la época del 2000 se incrementó la producción bovina de leche y se situó como una de las principales provincias con fincas de bovinos de leche en Ecuador.

Para permitir dichos incrementos mejoró el aprovisionamiento de forrajes según Chamorro (2018), los agricultores ya sembraban ryegrass (*Lolium perenne*) en las haciendas carchenses, el incremento se caracterizó en tener fuertes inversiones como la mecanización de las haciendas con tractores, entre otros y la organización administrativa para generar un mejoramiento genético con cruzamientos e inseminación artificial mucho más organizados.

3.4 Estimación de huella de carbono

Existen varios programas informáticos que permiten realizar estimaciones de la huella de carbono generada por las actividades ganaderas. El programa utilizado en la presente investigación es el Software Cool Farm Tool. Este software requiere información sobre manejo del cultivo, producción de leche, características del hato, tipo de alimentación, uso de energía y transporte (Haverkort & Hillier, 2011) (Cayambe, 2017).

3.5 Descripción del software CFT

Es un software utilizado mayormente como una calculadora de gases de efecto invernadero que evalúa las emisiones tanto de GEI como de cambios de reserva de carbono en la producción de cultivos y producción animal, según Richards (2019), es creado para productores, este permite al usuario calcular las emisiones de GEI resultantes de la producción de un producto agrícola o pecuario a partir de productos generados en un año.

El software Cool Farm Tool aplica factores de emisión y modelos empíricos a los datos ingresados por el usuario para calcular emisiones de GEI. Para MacSween & Feliciano (2018) este modelo puede ser utilizado tanto por la herramienta Excel como dentro de la página oficial de CFT, es de fácil utilización.

Lo que hace este software es calcular las emisiones, analiza las variables desde anteriores aportes de distintas fuentes, utilizando índices de conversión acumulados previamente. Según Cayambe (2017), CFT logra estandarizar datos de las emisiones de GEI por diversos parámetros ganaderos, por lo tanto, el modelo tiene diferentes controles que permiten personalizar los cálculos para cada explotación y volverlo algo más personalizado; otro

aspecto positivo de CFT es que el programa brinda la opción de elegir valores si no se tienen los datos específicos.

3.6 Mitigación de Gases de Efecto Invernadero en ganadería (GEI)

La mitigación de GEI son políticas o medidas que cada sector o país aplican para reducir las emisiones de gases que se emiten directamente hacia la atmósfera, a fin de reducir los efectos del calentamiento global. Esta es causada principalmente por actividades humanas de manejo, sea a nivel de suelo, industria o, como en esta investigación plantea, por lechería bovina.

Según Patt et al., (2021), estas estrategias no precisamente lograrán la eliminación de GEI, pero si llegarán a disminuir estas emisiones desde un sistema productivo, generando una mayor producción, pero con una cantidad minúscula de gases emitidos por producto terminado.

3.6.1 Importancia de la mitigación de GEI en ganadería a nivel mundial

La actividad ganadera, a nivel mundial, es un componente que se ha vuelto importante dentro de las emisiones de GEI, según Golosa et al., (2021), un factor causante de esto es el incremento de la población mundial, la ganadería bovina, tanto de leche como de carne, aporta con un 17% en proteína de consumo a la alimentación humana.

El informe sobre la brecha de emisiones 2021, puso al tanto al mundo sobre las emisiones de metano por sectores, como son combustibles fósiles y agricultura, siendo que este gas es el segundo más importante causante del cambio climático antropogénico actual, exponiendo que la reducción del mismo podrá contribuir significativamente a la reducción a corto plazo del calentamiento global. Este gas cada año sigue en aumento debido, en gran parte a los desechos de producciones tanto pecuarias como agrícolas, para Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente -UNEP (2021), el metano tiene un potencial de calentamiento atmosférico (PCA) de alrededor de 82 en un lapso de 20 años y de 29 en 100

años, siendo que la vida de este gas es de aproximadamente 12 años, por eso la disminución del metano logrará disminuir la temperatura del planeta en máximo 2°C.

Según la IPCC (2021), la importancia de la mitigación de estos gases, principalmente enfocado a Latinoamérica, radica en la disminución de la fermentación entérica, que es el mayor contribuyente en cuanto al sector ganadería, siendo causante del 39,1% de emisiones de CO₂e.

Para Haro & Gómez (2018), la mitigación de GEI debe basarse principalmente en generar una mejor producción bovina, pero con menores emisiones generadas, ya que no se puede dejar de alimentar a la población mundial pero tampoco es factible acabar con un sector tan importante como lo es la producción ganadera.

Una gran verdad del metano es que el potencial que este tiene de calentamiento de la atmosfera es 80 veces mayor al dióxido de carbono (CO₂), por lo tanto, para UNEP (2021), la reducción de este contribuirá a cerrar la brecha de emisiones siendo que el ciclo de vida de este es más corto que el dióxido de carbono. Medidas de mitigación “técnicas bajo cero” han sido puntos clave para la reducción de este GEI reduciendo en un 20% por año, anticipando para los siguientes años que mientras se siga reduciendo metano se podrá llegar incluso a un 45%.

3.6.2 Importancia de la mitigación de GEI en ganadería en Ecuador

En Ecuador la ganadería es la actividad pecuaria más prolífica, tanto en el norte como en el centro – sur del país, registrando según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos -INEC (2021), un ingreso total de USD 937,27 millones por año, y contando con 4.34 millones de cabezas de ganado en todo el país, en el cual, la raza mestiza es la predominante con 1.42 millones de cabezas de ganado, siendo el 32, 73% del total.

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO (2019), las emisiones de CO₂e en Ecuador son inversamente proporcionales al nivel de productividad que estas tienen, causando pérdidas de suelo y aumento de contaminantes; incrementando patrones de precipitación y aumento del nivel del

mar, entre otros cambios en el clima, aumentando la temperatura; también afectando a los ganaderos, en especial los pequeños y medianos.

La importancia de la disminución de estos GEI a nivel país, para Cadena (2019), no solo lograrán un efecto positivo en los aspectos clima o suelo, sino que ayudarán a la disponibilidad de agua en sectores carentes de la misma, también podrá mejorar la calidad y cantidad de forraje disponible, y la competencia por recursos naturales será mínima en otros sectores económicos de Ecuador.

3.6.3 Estrategias de mitigación de GEI en ganadería

Existen distintas estrategias que van enfocadas hacia la mitigación de GEI en el sector ganadero, según Hennessy et al., (2020), como objetivo principal se tiene la reducción de emisiones causadas por los sistemas de producción bovina, y estos son: uso de leguminosas forrajeras, mejoramiento genético y producción de germoplasma, fijación biológica de Nitrógeno y fijación de Carbono en los suelos, sistemas de pastoreo/ manejo de pasturas, gestión de excretas, calidad del suelo y diversidad microbiana.

Mientras que, para Alayón et al., (2018), se dividen en prácticas a nivel de unidad de explotación, estas se enfocan en la alimentación y el nivel de animales, manejo y nutrición, en la modificación en el ambiente ruminal del bovino y en el mejoramiento genético y reproductivo de los mismos. Por otra parte, también se divide en las prácticas de manejo de la alimentación animal, que se enfoca principalmente en el manejo y mejora de pasturas, salud animal y manejo de excretas.

Las dos tienen similitud, pero cada una de estas se transforma dependiendo del sector donde se van a aplicar las estrategias y del capital de inversión que exista por parte de los implicados, ya que varias de estas estrategias pueden necesitar instrumentos de medición de los cambios de GEI aplicados al sector de estudio.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Materiales

4.1.1 Materiales para la recopilación de información

- Lápices
- Computadora
- GPS
- Libreta de campo
- Programa informático: Excel 2019

4.1.2 Materiales de análisis y estimación de emisiones

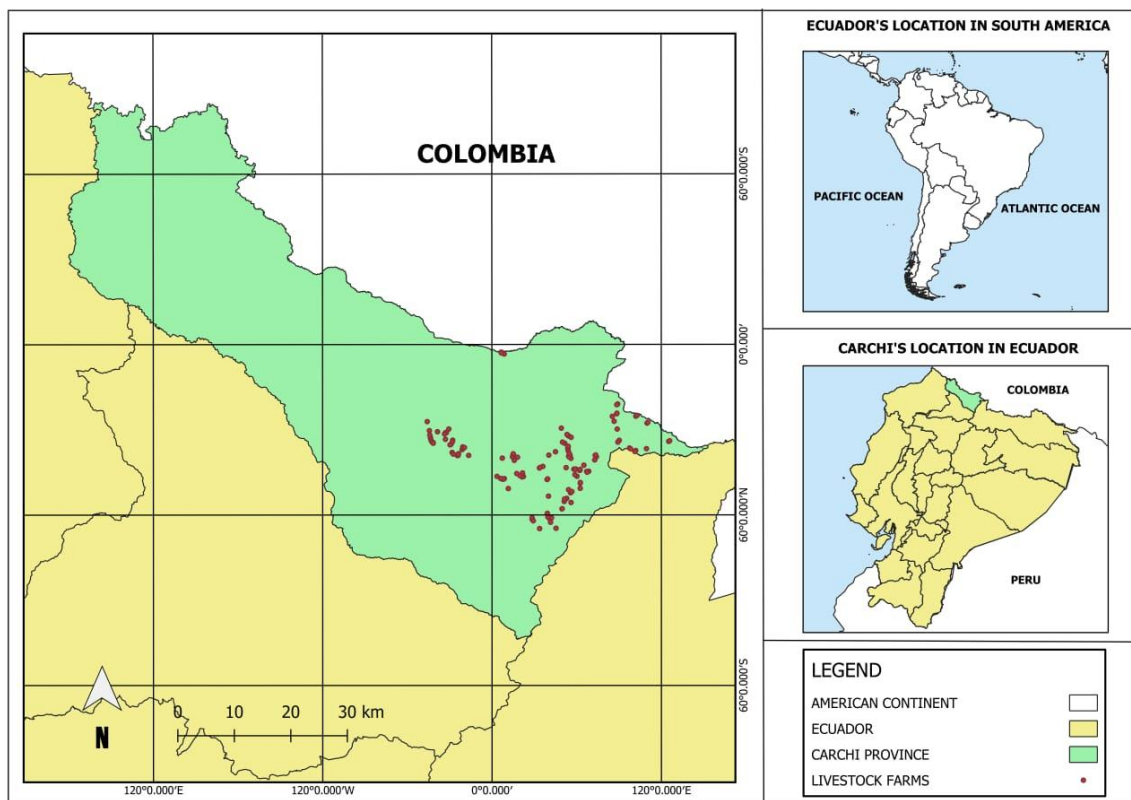
- Programa informático: Cool Farm Tool
- Programa informático: Excel 2019

4.2 Categorización de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi mediante la caracterización socioeconómica y de manejo de los sistemas productivos

La presente investigación se desarrolló en la provincia de Carchi – Ecuador. Se realizaron encuestas a 170 ganaderos de producción de leche repartidos en los siguientes cantones de la provincia de Carchi – Ecuador: Tulcán, Espejo, Huaca y Montufar.

Figura 1

Ubicación geográfica Carchi – Ecuador.



Para la caracterización de las fincas, los datos recopilados en las encuestas fueron los siguientes: cantón de la provincia, nombres de los miembros del hogar, edades, género, parentesco, estado civil, nivel de estudios del jefe/a del hogar, número de años de estudio, años de experiencia en producción lechera, pago por día en dólares, personal de trabajo, número de hectáreas, posesión de unidades de transporte (automóvil, camión, bicicleta), posesión de maquinaria pecuaria (equipos de ordeño portátiles, equipos de ordeño fijo) y maquinaria agrícola (tractor, moto guadaña). Estos fueron sistematizados en una matriz de Excel para el análisis.

La clasificación se realizó en función de las características de tamaño del hato bovino como dato principal para crear la división de grupos: Grupo 1 (1-9 vacas); Grupo 2 (10-30 vacas)

y Grupo 3 (más de 31 vacas) (Torres et al., 2015). A cada grupo se identificaron características socioeconómicas y productivas: producción de leche total anual, crecimiento del hato bovino y superficie total dedicada a pastoreo.

4.3 Estimación de las emisiones de GEI producidas por las fincas de ganadería lechera en la zona de estudio utilizando el software Cool Farm Tool

4.3.1. Datos ingresados en el software

Los datos de cada grupo de fincas relativos a producción total anual de litros de leche, contenido de grasa y proteína, raza principal, número promedio de animales de la explotación, tiempo de pastoreo, características del pasto, gestión de estiércol dentro de la propiedad, tipo de energía dentro de la finca, fertilización del pasto y transporte utilizado, fueron necesarios para el cálculo de emisiones. Los datos requeridos para ingreso al software Cool Farm Tool, se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1

Datos de manejo de la ganadería lechera para ingreso al software CFT.

Producción de leche	Características del Hato	Cantidad de pastoreo	Alimentación	Estiércol	Energía y procesamiento	Transporte
-Raza principal de la producción. ¹	-Número de animales por tipo de explotación. ¹	-Tipo de alimento para cada tipo de animal de la explotación. ¹	-Ingesta de materia seca por animal. ²	- Cantidad de estiércol generado por el cada tipo de animal. ²	-Fuente de energía utilizada. ¹	-Modo de transporte utilizado. ¹
-Producción total de leche. ¹	-Peso vivo de los animales por tipo. ²	-Días que los animales consumen alimento. ¹			-Cantidad de energía utilizada por finca. ³	-Peso de vehículo. ³
-Contenido de grasa. ²	-Número de animales dentro de la explotación. ¹	-Horas al día animales consumen alimento ³				-Distancia recorrida. ³
-Contenido de proteína. ²		-Tipo de pastoreo (extensivo) ¹				
		-Calidad del pasto (baja) ¹				
		-Fertilización de pastizales ¹				
		-Superficie destinada a la ganadería. ¹				
		-Fertilización realizada al pasto (tipo y cantidad) ¹				

Nota:

¹ Datos varían según el productor.

² Datos producto de estimaciones del software.

³ Datos de revisión bibliográfica

En la tabla anterior se muestran datos obtenidos de las encuestas en su mayoría, mismos que varían según el productor; así también existen otros datos que para ingresar en el software fue necesario hacer una estimación con otros datos relacionados.

A continuación, se detallan los valores que se ingresaron al software:

Producción de leche

El software requiere el dato de los litros de leche producidos en la finca y las características de grasa y proteína. Dentro de los valores estimados están contenido de grasa y proteína, mismos que el software proporciona según la raza.

Características del hato

El software requiere el dato de la raza y el peso del animal. El peso vivo de los animales fue estimado por el software de acuerdo a cada tipo de animal (terneros, novilla, vacas secas y vacas en producción) y según la raza del hato.

Cantidad de pastoreo

El software requiere el dato de número de horas en pastoreo al día. Para ello, se estimó la cantidad de tiempo de pastoreo del hato, fue necesario analizar el número de animales y el consumo de cada uno. Para esta investigación se utilizaron datos bibliográficos del número promedio de horas al día en las que se alimentan los terneros, novilla, vacas secas y vacas en producción. Misiunas (2016), explica que la alimentación promedio de una ternera es de máximo 2 horas al día, basados principalmente en el consumo de leche materna, más que en el consumo de materia verde o pienso. Para las novillas se utilizó un promedio de 3 horas al día de alimentación, que es el tiempo de alimentación de una novilla de 1 año hasta antes del primer parto (Misiunas, 2016). Mientras que según Alltechspain (2015), para las vacas secas se provee una alimentación de 5 horas al día debido a que ya no se encuentran dando de lactar; al contrario de las vacas lecheras, que necesitan un promedio de máximo 7 horas al día de pastoreo para poder generar leche, tanto para el ternero, como para la producción.

Fertilización de pastizales

El software requiere el dato de cantidad de kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, empleados en la fertilización del pasto. Para ello, se ingresó el tipo de fertilizantes que se utilizaron dentro de la finca. Cuando el fertilizante presentó una composición específica, se ingresaron datos de las concentraciones de nitrógeno (amonio, nitrato y urea), fosforo u óxido de fosforo y potasio u óxido de potasio.

Estiércol

El software requiere conocer la gestión del estiércol realizado en la finca. Para este componente, no se completó ninguna información ya que los productores no realizan ninguna gestión del estiércol dejado por el animal durante el pastoreo.

Energía

En el componente de energía se consideraron aspectos como: electricidad consumida por la finca; gasolina empleada para bombas de fumigar (a motor y/o estacionaria), moto guadañas, ordeñadoras portátiles, ordeñadoras fijas.

Electricidad consumida en finca

El software requiere el dato de cantidad de energía consumida al año (kWh anual). Para ello, durante las entrevistas se solicitó al menos a un productor de cada grupo, las facturas de electricidad, con el fin de calcular la cantidad de kWh anuales que se consumen en fincas pequeñas, medianas y grandes.

Según el informe del Ministerio de Energía y Minas (2020), en la provincia de Carchi en zonas rurales, el valor por kwh es de 0.09 USD/kWh. Por lo tanto, los valores de consumo de energía al año en cada grupo de fincas, fue el detallado en la siguiente tabla.

Tabla 2*Energía utilizada por grupo de finca.*

	Energía finca			
	Dólares/mensual	Dólares/anual	kWh/mensual	kWh/anual
Pequeñas	20.16	241.92	200	2400
Medianas	32.67	392.04	324.1	3889.2
Grandes	65.34	784.08	648.21	7778.52

Gasolina empleada en fumigadoras

El software requiere el dato de cantidad de litros de gasolina por hectárea. Agrizon (2021), menciona que las fumigadoras estacionaras requieren de 1,6 litros de gasolina Diesel para fumigar 1 hectárea de superficie, mientras que las fumigadoras a motor requieren de 12.5 litros de gasolina Diesel para cubrir 1 hectárea.

Gasolina empleada en ordeñadoras

El software requiere el dato de cantidad de litros de gasolina por litro de leche ordeñado, para el caso de ordeñadoras portátiles; mientras que, para las ordeñadoras fijas, se requirió el dato de kWh por litro de leche ordeñado.

Se utilizaron los datos de producción de leche y bibliografía para estimar el consumo de gasolina y energía. Bartolomé et al., (2013), mencionan que el consumo de gasolina/diésel que consume una ordeñadora portátil es de 84 litros de diésel para extraer 1000 litros de leche; mientras que la ordeñadora fija consume 51 kWh por cada 1000 litros de leche ordeñados.

El consumo de gasolina y energía en las ordeñadoras de las fincas fueron dependiendo de los litros de leche al año producido por cada una de las fincas en estudio.

Gasolina empleada en motoguadañas

El software requiere el dato de litros de gasolina por hectárea. Respecto al uso de motoguadañas se tomó como referencia la descripción de la guadañadora STIHL FS 460 (Nogalpark, 2022), considerada una de las más comunes en uso de campo, en el cual el consumo de litros de gasolina es el siguiente: 0,45 litros de gasolina/hora. Según (Nogalpark, 2022), menciona que se requieren 87 horas de uso de motoguadaña, con descansos de 30 minutos por intervalo de tiempo para corta 1 ha de pasto.

El cálculo se realizó para cada productor que mencionó utilizar motoguadaña de acuerdo a la superficie de pasto de la finca.

Transporte

El software estima el dato de litros de gasolina consumidos por año para transporte de personal, productos fitosanitarios o leche en el interior de la finca. Para ello fue necesario ingresar datos de peso estimado del vehículo (camionetas, motocicletas y tractores) y distancia recorrida promedio (km/año).

Los datos de recorrido para actividades relacionadas con el transporte fueron obtenidos de las encuestas realizadas. La siguiente tabla detalla el recorrido estimado que realiza cada tipo de vehículo al año.

Tabla 3

Recorrido del transporte empleado por las fincas en estudio.

	Pequeñas	Medianas	Grandes
Camioneta	1560 km/año	2280 km/año	3100 km/año
Motocicleta	1560 km/año	2280 km/año	3100 km/año

El software permitió el cálculo de la estimación de la huella de carbono por finca, por superficie, considerándose una hectárea y por litro de leche.

4.3.2 Emisiones por finca

Para el cálculo de emisiones por finca se consideró el promedio de emisiones generadas en las fincas pequeñas, medianas y grandes.

$$E_T = \text{Emisiones totales por cada finca (kg CO}_2 \text{ eq)}$$

4.3.3 Emisiones por hectárea

Para el cálculo de emisiones por superficie (hectárea) se dividieron las emisiones totales de cada finca para la superficie promedio.

$$E/ha = E_T/S$$

Donde:

E_T = Emisiones totales por cada finca (kg CO₂ eq)

S = superficie promedio de cada finca (ha)

E/ha = emisiones por hectárea (kg CO₂eq/ha)

Finalmente, se calculó el promedio de emisiones por superficie en fincas pequeñas, medianas y grandes.

4.3.4 Emisiones por litro de leche

El software entregó el valor de emisiones por litro de leche en cada finca. Posteriormente se agruparon las fincas según el tamaño y se calculó el promedio de emisiones por litro en fincas pequeñas, medianas y grandes.

E/l = Emisiones por litro de leche (kg CO₂ eq/l)

4.4 Identificación de potenciales buenas prácticas ganaderas enfocadas a la mitigación de GEI con potencial de aplicación en la zona de estudio.

Se realizaron recomendaciones de reducción de GEI en función a los datos obtenidos del software CFT. Se hizo una búsqueda bibliográfica de alternativas de mitigación enfocado a los parámetros que presentaron mayor cantidad de emisiones. Estas buenas prácticas ganaderas se analizaron de acuerdo a los resultados obtenidos de emisiones en la estimación, dependiendo del tamaño de las fincas.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Categorización de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi mediante la caracterización socioeconómica y de manejo de los sistemas productivos

La categorización resultó en 3 tipos de fincas: pequeñas, medianas y grandes, según la caracterización socioeconómica y el manejo de los sistemas productivos.

5.1.1 Análisis de las características socioeconómicas

En la siguiente tabla se observan las características socioeconómicas generadas en las fincas ganaderas de Carchi – Ecuador. Se muestra porcentajes de la población encuestada, frecuencia en la cual se presentan los datos, promedio, desviación estándar.

Tabla 4

Descripción estadística de las características socioeconómicas de las fincas ganaderas en Carchi – Ecuador.

Variab les independientes	Porcentaj e de la muestra	Frecuenci a	Promedi o	Desviació n estándar (SD)	Mínim o	Máxim o
Cuantitativo						
Edad:			45,3	13,7	14	80
Cualitativo						
Género:			1,61	0,49	1	2
Femenino	36,47%	62				
Masculino	63,53%	108				
Estado Civil:			1,8	1,76	4	1
Casado	80%	136				
Unión libre	4,71%	8				

Variables independientes	Porcentaje de la muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Separado	1,18%	2				
Divorciado	0,59%	1				
Viudo	0,59%	1				
Soltero	12,93%	22				
Miembros del hogar:			1,29	0,45	2	1
1 a 4	71,18%	121				
5 a 8	28,82%	49				
Cantones de los encuestados:			2,51	1,14	2	3
Tulcán	29,41%	50				
Huaca	13,53%	23				
Espejo	23,53%	40				
Educación:			3,22	0,8	7	3
Ninguna	4,71%	8				
Alfabetización	0,59%	1				
Primaria	68,24%	116				
Secundaria	22,94%	39				
Tecnólogo	1,18%	2				
Universidad	2,35%	4				
Posgrado	0%	0				

Variables independientes	Porcentaje de la muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Años de experiencia dedicados a ganadería:			2,02	0,79	4	2
1 a 10	24,71%	42				
11 a 30	53,53%	91				
Más de 31	16,47%	28				
Sin información	5,29%	9				
Promedio de dólares generados por litro de leche:			3,08	0,33	1	3
0.10 a 0.20 dólares	0%	0				
0.21 a 0.30 dólares	1,76%	3				
0.31 a 0.40 dólares	88,24%	150				
0.41 a 0.50 dólares	10%	17				

Los datos cuantitativos muestran que la edad de los productores encuestados se encuentra entre 14 a 80 años de edad, la edad promedio es de 45 años. Según el último censo de INEC (2010), el grupo predominante en la provincia va desde los 5 hasta los 14 años o a nivel nacional, la encuesta agroproductiva ESPAC (2021), muestra que el grupo productivo predominante va desde los 45 a los 64 años.

Los datos cualitativos muestran que el 63.53% de los propietarios encuestados son hombres, el estado civil predominante de los encuestados es casado con el 80%, con un porcentaje de

miembros pertenecientes al hogar con 71.18% de 1 a 4 personas, concordando con los datos de la encuesta poblacional INEC (2010), que indica que el estado conyugal predominante en la provincia es de casados con 40,7%.

El cantón con el mayor número de fincas encuestadas fue Montúfar, en el cual el 33.53% de fincas se encuentran localizadas en este cantón. Esto concuerda con lo mencionado por INEC (2010), por ser el cantón más poblado de Carchi. En segundo lugar, el 29.41% de las fincas encuestadas estaban ubicadas en el cantón Tulcán.

Según este estudio, el nivel de educación predominante es la instrucción primaria con un 68,24% sobre los demás niveles de estudio. Esto concuerda con los datos de la ESPAC (2021), que menciona que, a nivel nacional, la mayoría de los productores llegan únicamente a la educación primaria.

En cuanto a datos relacionados a la producción ganadera el 53.53% de los encuestados manejan de 11 a 30 años de experiencia en lechería y un ingreso promedio generado por litros de leche de 0.31 a 0.40 dólares con un 88.24%. De acuerdo con el estudio de Herrería (2018), el 32,35% de los encuestados cuentan entre 15 a 40 años de experiencia en producción ganadera, mientras que el ingreso promedio que tienen por litro de leche es de 0.44 dólares en Carchi.

5.1.2 Análisis del manejo de los sistemas productivos

En la siguiente tabla se observan las características de manejo generadas en las fincas ganaderas de la zona de Carchi – Ecuador (pequeñas, medianas y grandes). Se muestra porcentajes de la población encuestada, frecuencia en la cual se presentan los datos, promedio, desviación estándar.

Tabla 5

Descripción estadística de las características de manejo de las fincas ganaderas en Carchi – Ecuador

Variab independientes	Porcentaje de la población de muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Cuantitativo						
Número de vacas por finca			16.54	19.95	1	164
Pequeña: 1 a 9	45.88%	78				
Mediana: 10 a 30	41.76%	71				
Grande: más de 31	12.35%	21				
Superficie dedicada a ganadería (ha):						
0.1 a 10	87.65%	149	6.49	12.36	0.1	150
11 a 40	11.76%	20				
más de 40	0.59%	1				
Producción de litros de leche por día:						
1 a 200	91.76%	156	88.29	123.97	6	900
201 a 500	5.29%	9				
más de 501	2.94%	5				

Variables independientes	Porcentaje de la población de muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Cantidad de energía (kWh) utilizado por propietario:						
2400 (fincas pequeñas)	47.65%	81	1.24	0.57	3	1
3889 (fincas medianas)	40.00%	68				
1779 (fincas grandes)	12.35%	21				
Propietarios que fertilizan sus propiedades:						
Si	27.65%	47	1.72	0.45	1	2
No	72.35%	123				
Tipo de fertilizante utilizado por propietario:						
18-46-00	4.12%	7	8.15	2.79	9	10
15-15-15	1.18%	2				
08-20-20	1.18%	2				
Urea	11.18%	19				
11-12-18	8.23%	14				
21-12-15	5.88%	10				

Variables independientes	Porcentaje de la población de muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Carbonato de calcio	2.35%	4				
10-30-10	1.76%	3				
No aplica fertilizante	64.12%	109				
Propietarios que utilizan motoguadaña:			1.98	0.15	1	2
Si	2.35%	4				
No	97.65%	166				
Propietarios que utilizan ordeñadora portátil:			1.93	0.26	1	2
Si	7.06%	12				
No	92.94%	158				
Propietarios que utilizan ordeñadora fija:			1.94	0.24	1	2
Si	5.88%	10				
No	94.12%	160				
Propietarios que utilizan fumigador a motor:			1.7	0.46	1	2

Variables independientes	Porcentaje de la población de muestra	Frecuencia	Promedio	Desviación estándar (SD)	Mínimo	Máximo
Si	30%	51				
No	70%	119				
Propietarios que utilizan fumigadora estacionaria:			1.66	0.47	1	2
Si	33.53%	57				
No	66.47%	113				
Propietarios que utilizan camioneta:			1.53	0.5	1	2
Si	47.06%	80				
No	52.94%	90				
Propietarios que utilizan tractor:			1.99	0.08	1	2
Si	0.59%	1				
No	99.41%	169				
Propietarios que utilizan motocicleta:			1.82	0.39	1	2
Si	18.24%	31				
No	81.76%	139				

Nota. ha: hectárea; kWh: kilovatios por hora.

En cuanto a las variables cuantitativas del manejo pecuario, se analizó por número de animales, superficie dedicada a ganadería, y producción anual de cada una de las fincas. La mayor parte de encuestados mencionaron disponer de hatos bovinos pequeños (1 a 9 animales). En cuanto a superficie dedicada a ganadería, la mayoría de productores disponen de 0.1 a 10 ha. Según la investigación de Carvajal & Montenegro (2019), en el entorno productivo y familiar, es muy común en la provincia del Carchi la tenencia de 0.1 a 5 ha como patrimonio familiar, aunque con el tiempo, dependiendo del estrato productivo y social, estos pequeños productores aumentan la superficie de sus fincas.

Según la presente investigación, la producción de litros de leche por finca varía entre 6 a 900 litros al año; esto concuerda con Fuel (2018), quien menciona que la producción promedio por varios grupos de fincas del sector van desde los 700 litros/día hasta los 2300 litros/día, el 51% corresponde a las fincas con más hato bovino lechero, mientras que el 49% corresponde a las fincas con menos hato bovino lechero. Ortega (2018), señala que, fincas con mayor hato bovino lechero en Carchi llegan a producir hasta 800 litros de leche/día, dependiendo del hato, alimentación y cuidado que se le da diariamente al ganado. Para Herrería (2018), las propiedades con más de dos hectáreas son las que producen mayor cantidad de litros de leche, con un 51,5%, mientras que productores con menos de 0.1 hectáreas producen solo 4.4% de leche sobre los demás grupos.

En cuanto al uso de energía, la mayoría consumen aproximadamente 2400 kWh al año. El 72.35% (123 encuestados) no aplican ningún fertilizante en pastos para el ganado; sin embargo, quienes lo hacen aplican urea como el más común dentro de las fincas lecheras.

En cuanto al uso de maquinaria agrícola y pecuaria, en su mayoría los propietarios no cuentan con motoguadaña, ordeñadora portátil, ordeñadora fija, fumigadora a motor, fumigadora estacionaria ni tractor. En lo relativo a transporte, el 47.06% de la muestra usa camioneta para movilizarse en el interior de la finca y además para movilizar insumos y leche. El 18.24% de la muestra utiliza motocicleta.

5.1.3 Asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos de las fincas de ganadería lechera en la provincia del Carchi.

En la siguiente tabla se observa la asociación entre variables de manejo y socioeconómicas generadas en las fincas ganaderas de la zona de Carchi – Ecuador.

Tabla 6

Asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos.

Variables	Pearson Chi-C	P-valor
Edad/Uso de fertilizante	4.0048	0.4054
Edad/Hato	5.5643	0.2341
Género/Hato	1.4567	0.4827
Género/Uso de fertilizante	4.0389	0.0444*
Nivel de educación/Hato	10.27	0.4172
Nivel de educación/Uso de fertilizante	12.492	0.0286*
Años de experiencia en ganadería/Hato	9.548	0.8472
Años de experiencia en ganadería/Uso fertilizante	8.597	0.1263

La tabla 6 muestra la asociación entre variables mediante la prueba de chi-cuadrado (χ^2) de Pearson, las variables que se asociaron significativamente fueron la de género frente al uso de fertilizante ($p > 0,05$) y nivel de educación frente al uso de fertilizante ($p > 0,05$), mientras que las demás se encontraron fuera del rango de significancia.

En el presente estudio, del total de productores encuestados (170), únicamente 47 son los que realizan fertilización. Del total de fincas fertilizadas, 36 de ellas son manejadas por hombres. Al aplicar la prueba de Chi-cuadrado, el uso de fertilizante frente al género ($p < 0.0444$),

demonstró significancia, demostrando que el género está influyendo sobre la variable fertilización. Según Bilal et al., (2022), el control sobre cultivos (fertilizante y plaguicida) dentro de una finca lechera, es más marcado en las fincas que son administradas por hombres ($p < 0.001$). Sin embargo, la investigación de Sato et al., (2020), plantea que la administración de hombres frente a mujeres demostró significancia ($p < 0.011$), evidenciándose que las fincas administradas por hombres tienen mayor fertilización.

Del mismo grupo de productores que fertilizan (47), al realizar la prueba de Chi-cuadrado, en relación al uso de fertilizante frente al nivel de educación también marcó significancia ($p < 0.0286$). El grupo que más fertiliza es aquel que alcanzó la educación primaria (23 productores); en segundo lugar, los que estudiaron hasta la secundaria (18 productores), el resto de productores tienen otro nivel de educación. Según la investigación de Lessire et al., (2019), el control de cultivos relacionado con el nivel de educación del productor influye notablemente, debido a que el nivel de educación promoverá el uso indiscriminado de fertilizantes dentro de una producción de forraje. Ghadavi et al., (2019), concuerdan con esta investigación, evidenciando que el uso de fertilizantes y el nivel de educación de los productores son factores relacionados significativamente.

5.2 Estimación de las emisiones de GEI producidas por las fincas de ganadería lechera en la zona de estudio utilizando el software Cool Farm Tool.

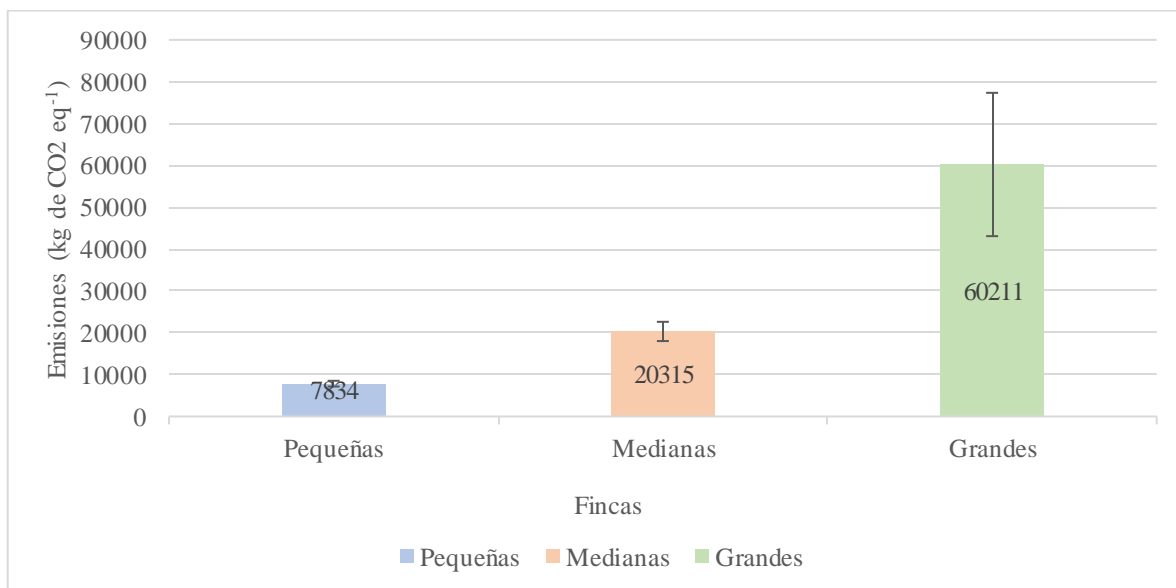
La estimación de huella de carbono a través del software CFT, generó diferentes datos siendo estos: emisiones por finca, por superficie, por unidad de producto y por tipo de manejo.

5.2.1 Emisiones por finca

La siguiente figura muestra la huella de carbono promedio generada por cada finca, sea esta pequeña, mediana o grande, en la provincia del Carchi.

Figura 2

Emisiones por finca de ganadería lechera. Carchi - Ecuador.



Esta figura muestra que las fincas grandes producen más emisiones que las fincas pequeñas, y medianas.

La variabilidad de los resultados de emisiones totales está relacionada con el número de animales y la superficie dedicada a ganadería de cada finca. En la cual, la alta variabilidad se debe a que dentro del grupo de fincas grandes se encuentran datos poco similares entre ellos; mientras que una finca cuenta con una producción de 32 vacas dentro de una superficie de 4 hectáreas; otra cuenta con 164 vacas dentro de una superficie de 150 hectáreas. Razón por la cual las fincas grandes son las que cuentan con más emisiones, en comparación con los otros dos tipos de fincas de estudio.

Para Locoli et al., (2021), las fincas grandes tienen un control y manejo mucho más adecuado tanto en producción lechera como en administración de recursos internos de la finca; sin embargo, hay mayor generación de emisiones por el uso de insumos. Las emisiones totales en fincas pequeñas son menores por el menor uso de insumos.

Según Cayambe (2017), las explotaciones con mayor uso de insumos, energía y combustible dentro de las fincas emiten más emisiones por finca, y esto corresponde a las fincas grandes; en comparación con terrenos que no necesitan de un manejo tan controlado. Esto se encuentra aplicable a esta investigación ya que, entre mayor hato bovino lechero y producción, generan más emisiones totales. En esta investigación se evidencia que factores como hato bovino, manejo de los animales, alimentación, y administración de la finca demuestran ser influyentes para el aumento de emisiones de GEI.

Según la investigación de Marín et al., (2022), las fincas en las cuales las condiciones son óptimas en cuanto a suelos y buen manejo de la alimentación del ganado, evidencian mayor producción lechera, de misma manera, evidencia una cantidad alta de emisiones de GEI por finca, dando a entender que entre mayor hato bovino se genera más CO₂ equivalente. Para Todde et al., (2018), las fincas que cuentan con grandes extensiones de terreno y presencia de hato bovino lechero de más de 15 vacas son más propensas a emitir altas emisiones de GEI, sin embargo, las emisiones varían de acuerdo a la gestión y manejo que cada producción tiene (forrajes y hato).

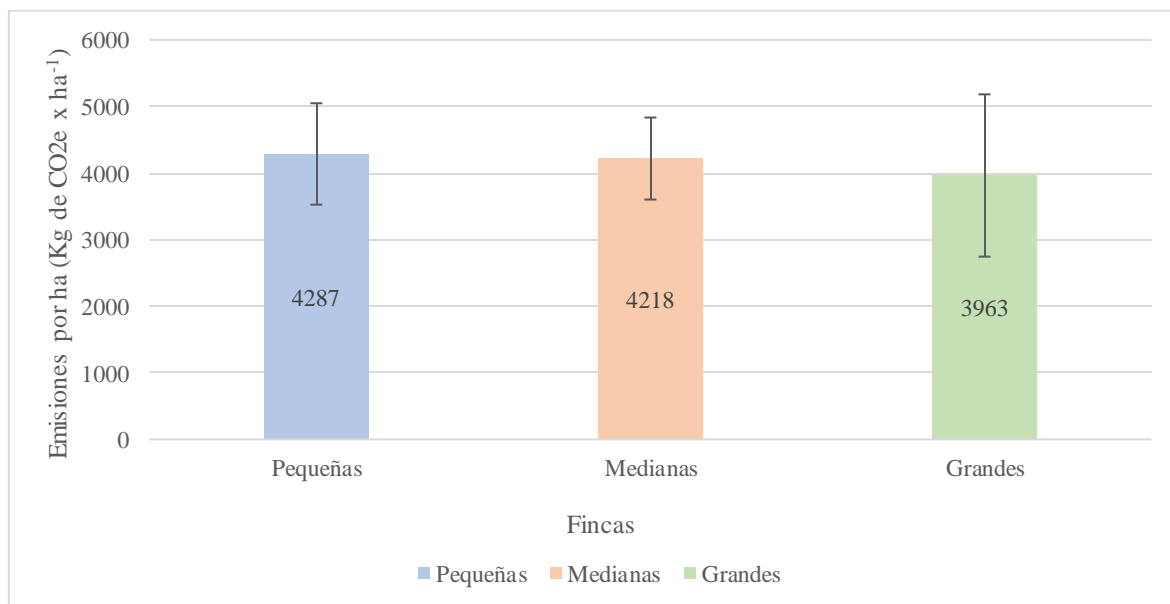
De la misma manera Zanni et al., (2022), en su investigación explica que las concentraciones de GEI dependen especialmente del manejo que se da a los animales, comparando fincas pequeñas con grandes y demostrando que las emisiones de CO₂e son mucho mayores en fincas con mayor hato bovino, similar a esta investigación. La relación que existe entre estos dos factores impacta de manera progresiva al medio ambiente, derivando en cambios de calidad y cantidad del terreno, y disponibilidad de agua, alterando de manera negativa la producción de leche, causando que el contenido de caseína en la leche se reduzca.

5.2.2 Emisiones por hectárea

La siguiente figura muestra la huella de carbono promedio generada en cada hectárea de superficie de cada finca, sea esta pequeña, mediana o grande, en la provincia del Carchi.

Figura 3

Emisiones por hectárea de ganadería lechera. Carchi-Ecuador.



La variabilidad de los resultados de emisiones por ha están relacionados con el número de animales y la superficie dedicada a ganadería de cada finca. Las fincas pequeñas cuentan con una superficie dedicada a ganadería de 0.1 ha a 7 ha; fincas medianas con una superficie dedicada a ganadería de 1 ha a 23 ha; y fincas grandes con una superficie dedicada a ganadería de 4 ha a 150 ha. Razón por la cual las fincas pequeñas son las que cuentan con más emisiones por ha, en comparación con los otros dos tipos de fincas de estudio. Ya que, al tener menor superficie y menor número de animales, se divide el cálculo de emisiones totales para la superficie de cada finca, dando un mayor número de emisiones por hectárea en fincas pequeñas.

Esta figura muestra que las fincas grandes producen menos emisiones que las fincas medianas y pequeñas. Como se puede ver en la figura 2, las emisiones totales son mucho mayores en fincas grandes, pero si se analiza por superficie (figura 3), considerándose la unidad (ha) se evidencia lo contrario.

Según Martinsson & Hansson (2021), las emisiones de GEI en producciones pequeñas (1 a 10 ha) generan mucho más CO₂e, en comparación con fincas de mayor superficie (más de 20 ha); esto se debe a que las emisiones totales de CO₂ equivalente se dividen para la superficie estudiada. Las fincas pequeñas producen mayores emisiones por hectárea que las fincas grandes, esto se debe al hecho que tienen menor superficie, menor número de animales, y el cálculo de emisiones totales dividido para la superficie de cada finca genera un mayor número de emisiones por hectárea en fincas pequeñas, frente a lo que está ocurriendo en fincas grandes, en el cual las emisiones totales divididas para mayor superficie de fincas generan un menor número de emisiones.

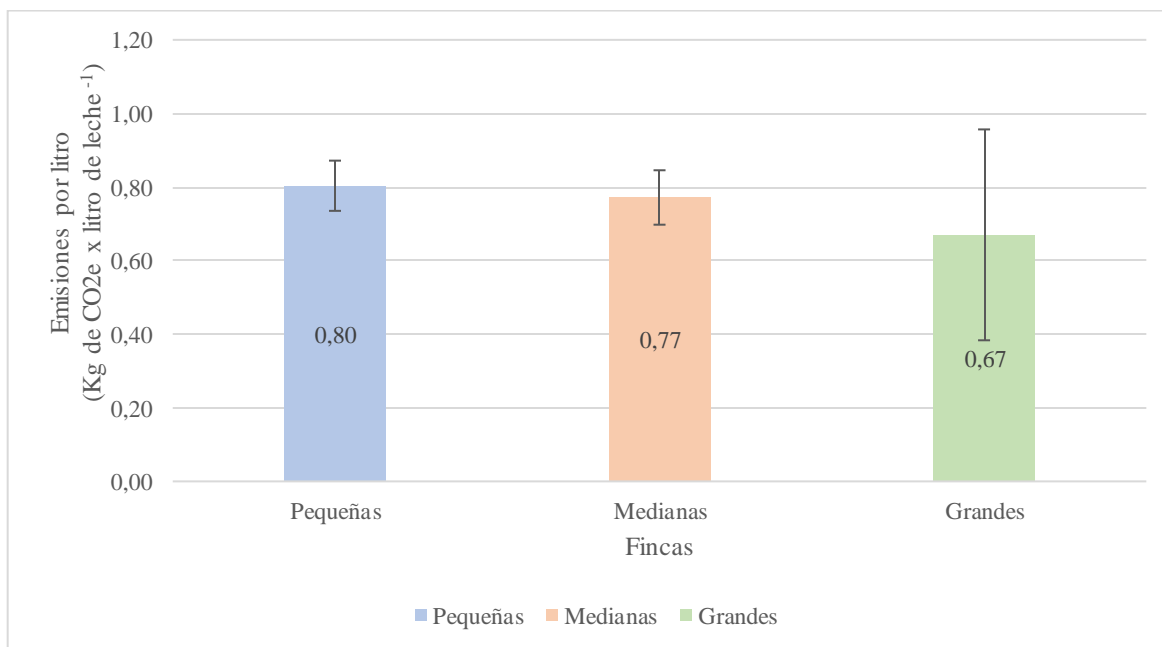
En esta investigación las emisiones en fincas pequeñas generan 3685,6 ton CO₂e/ha, contando con un total de 497 vacas, este dato es comparable con la investigación de McCokey & Maynes (2017), menciona que la línea base de emisiones de GEI (CO₂ equivalente) en lechería es aproximadamente de 3106,1 ton CO₂e/ha por finca lechera en Cuba, teniendo en cuenta que el hato utilizado para esta investigación fue de 379 cabezas de ganado, los resultados se encontraron dentro del rango con esta investigación, y evidenciando que, entre menor producción total, mayor emisión por hectárea tendrá.

5.2.3 Emisiones por litro de leche

La siguiente figura muestra la huella de carbono promedio generada por cada litro de leche en cada finca sea esta pequeña, mediana o grande, en la provincia del Carchi.

Figura 4

Emisiones por litro de leche en fincas ganadería de Carchi-Ecuador.



La variabilidad de los resultados de emisiones por litro de leche está relacionada con el número de animales y la producción de leche por año. Razón por la cual las fincas pequeñas son las que cuentan con más emisiones por litro de leche, en comparación con los otros dos tipos de fincas de estudio debido a que, al tener menor producción y menor número de animales, se divide el cálculo de emisiones totales para la producción de cada finca, dando un mayor número de emisiones por litro de leche en fincas pequeñas. La variabilidad dentro del grupo de fincas grandes se da debido a que el grupo de fincas grandes cuenta con 21 productores que tienen superficies, producción y hato muy diversos dentro del grupo, y esto causa que la variabilidad sea tan alta. El grupo de fincas grandes cuenta un con hato bovino lechero que va desde 31 hasta 164 vacas y su producción anual cuenta desde 6480 litros hasta 324000 litros por año, resultados mucho mayores en comparación con el hato y producción con que cuentan fincas pequeñas y medianas.

Para las fincas pequeñas el promedio de emisiones por unidad de producto final fue de 0.80kg de CO₂e/litro de leche. Se evidencia que las fincas pequeñas presentan mayor emisión sobre las fincas medianas y grandes.

La investigación de Nieto et al., (2020), explica que la intensidad de las emisiones de CO₂ ocasionada por producción lechera depende de las características y manejo de la raza seleccionada para este propósito, siendo importante tener en cuenta aspectos como alimentación adecuada para cada raza lechera. Mientras que Locoli et al., (2021), explica en su investigación que la fermentación entérica y el manejo del pasto representan la causa principal de las emisiones de GEI en diferentes tipos de granjas lecheras, todo esto debido a las emisiones constantes manejo de ganado y consumo de pienso por superficie.

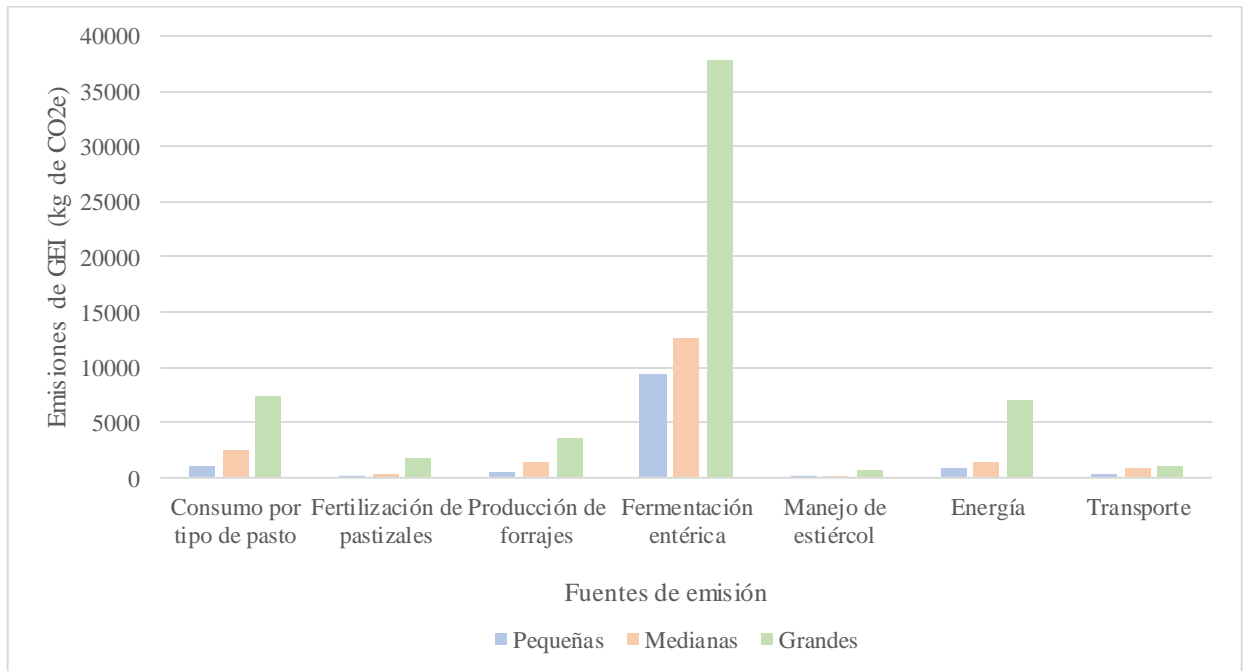
Según O'Connor et al., (2020), plantean que factores de carente alimentación o sobrepastoreo en un área son clave en el aumento de emisiones, debido al potencial de rumia y transformación del pasto en nutrientes necesarios para el bovino, aplicando pastos tecnificados y de mejor calidad que lograrán disminuir las emisiones de GEI generadas por vaca.

5.2.4 Principales fuentes de emisión de GEI en las fincas de ganadería lechera

La Figura 4 muestra las principales fuentes de emisiones de GEI que cada uno de los tres grupos de fincas ganaderas generadas por consumo de pasto, fertilización de pastizales, producción de alimento, fermentación entérica, manejo de estiércol, energía y procesamiento, y transporte.

Figura 5

Principales emisiones de GEI en las fincas de producción lechera.



Como muestra la Figura 5, la mayor cantidad de emisiones es generada por el grupo de fincas grandes, posicionándose como primero en todas las fuentes de emisiones de GEI.

Las emisiones generadas por fermentación entérica son el principal factor de emisiones de GEI, dando a entender que las emisiones antropogénicas de CH₄ resultan elevadas en comparación con los demás tipos de emisiones.

El grupo de fincas grandes es el que más genera emisiones por fermentación entérica y por el tipo de pasto (especie) que consumen; estos dos factores de emisión están relacionados entre sí. Las emisiones por energía son otro factor de emisión que influye en mayor medida frente a los otros.

La alimentación de vacas lecheras en Carchi se divide en base a la producción con la que cuentan, los grandes productores proveen de alimentación de pastos seleccionados de calidad con mezclas forrajeras de: ryegrass (*Lolium perenne*), trébol forrajero (*Trifolium repens*),

llantén forrajero (*Plantago major*), alfalfa (*Medicago sativa*), mientras que los medianos productores producen en su mayoría cultivos de ryegrass (*Lolium perenne*) e intentan ingresar también mezclas forrajeras, y finalmente, los pequeños productores, que utilizan kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) para la alimentación de su ganado. Según Salazar & Cochet (2016), las producciones carchenses de lechería, utilizan en su mayoría cultivos de ryegrass (*Lolium perenne*) para alimentar al ganado lechero, debido especialmente a factores económicos y al buen crecimiento de este pasto, que se da gracias al clima del sector.

La fermentación entérica se posiciona como el elemento más importante dentro de las emisiones del gráfico 5, debido a las emisiones de CH₄ provenientes de la rumia del bovino. Esto se puede ver elevado por diferentes factores, como dice Montelongo (2020), la producción diaria de metano incrementa con el consumo de materia seca (MS) y otros factores como tiempo de masticación, salivación y cinética de la digestión, afectando la fermentación que se da en el rumen de la vaca.

Las encuestas demuestran que existen más fincas lecheras con menos de 30 vacas dentro de la zona de estudio, razón por la cual se puede deducir que la alimentación más común en el sector son forrajes de media a baja calidad, con una alimentación basada en forraje con un contenido de fibra alto, el cual afecta el tiempo de retención en el rumen y hace que se emita más CH₄.

En la zona de estudio, el grupo que genera más emisiones de GEI por fermentación entérica son las fincas grandes, que cuentan con más de 31 vacas, llegando a la conclusión de que, aunque se tenga forrajes de mayor calidad, en este caso mezcla forrajera; la cantidad vacas que tienen las fincas grandes sigue superando en gran mayoría a la cantidad que fincas pequeñas y medianas puedan tener. Debido a que existe mayor número de animales, la cantidad de alimento aumenta, causando que haya más masticación, salivación y, por ende, más retención ruminal, haciendo que las emisiones de metano sean elevadas en las fincas grandes.

Otro factor que aumenta las emisiones de GEI (Figura 5), aunque en menor medida, es la especie de pasto que consumen los bovinos dedicados a lechería en esta zona. Esto se

encuentra ligado de manera directa con la fermentación entérica. Según McConkey & Maynes (2017), las emisiones por consumo de pasto son un factor esencial que genera emisiones de nitrógeno y, por ende, de CO₂e. En general, Rivera et al., (2021), mencionan que, en sistemas de producción de pastos para ganadería lechera, se utilizan pastos y forrajes de baja calidad como residuos de cosechas, pienso seco, o maleza que crece junto con kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) lo que llega a generar más emisiones de GEI debido al alto contenido de fibra, que tienen estas mezclas.

Según Sánchez et al., (2018), especies pastoriles como ryegrass (*Lolium perenne*) y alfalfa (*Medicago sativa*) causan menos emisiones de GEI, debido al potencial que tienen estos forrajes de generar menos metano dentro del rumen de la vaca; en comparación con forrajes de baja calidad, como es el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), ya que debido a ser una especie pastoril tipo C₄ hace que la digestión sea más lenta, debido al mayor contenido de fibra detergente neutra (FDN) con que cuenta esta planta, causando que se emitan más emisiones de CH₄.

Sin embargo, en la presente investigación, a pesar de que las fincas grandes cuentan con mezclas forrajeras a base de ryegrass (*Lolium perenne*), alfalfa (*Medicago sativa*), trébol forrajero (*Trifolium repens*), llantén forrajero (*Plantago major*), entre otros; las emisiones de este grupo superan de gran manera a los otros grupos de fincas de estudio. Esto se da debido al mayor número de animales que consumen dicho pasto, lo cual aumenta la rumia, y por ende, las emisiones de GEI.

En cuanto al uso de energía, las fincas grandes generaron más emisiones por este factor, esto posiblemente se deba a la mayor superficie, número de animales y cantidad de producción que tienen, por ende, mayor consumo de energía en labores agropecuarias y ordeño. Según la investigación de Todde & Murgia (2018), el sector de la ganadería lechera cuenta con formas de manejo que requieren más energía y que resultan en mayores cargas ambientales y económicas. El nivel de mecanización intensiva ha disminuido la incidencia del requerimiento de mano de obra para las actividades de las granjas lecheras, al analizar la demanda total de energía en el ciclo de vida de la leche, el principal contribuyente al uso de

energía es el ordeño, que requiere casi el 40% del consumo total, haciendo que la intensificación de las explotaciones lecheras este estrictamente asociada a una mayor demanda de energía y al aumento de las emisiones de dióxido de carbono. El uso de maquinaria agrícola, aunque permite aumentar la cantidad de operaciones agrícolas realizadas con menos mano de obra humana, conduce a un mayor agotamiento de los recursos naturales e incrementa la emisión de gases de efecto invernadero al medio ambiente.

La producción de forrajes también es un factor importante para el aumento de GEI dentro de esta investigación, esto posiblemente se deba a carentes prácticas de pastoreo y bajo manejo de pasturas. Según Quiñones et al., (2020), prácticas como sobrepastoreo, pastoreo excesivo en épocas de lluvia o ingreso de los animales a terrenos sobresaturados, generan emisiones altas de óxido nitroso (N₂O).

5.3 Estrategias de mitigación para reducir la huella de carbono (HC) en Ganadería Lechera en la Zona de Carchi – Ecuador.

En función de las fuentes que generaron mayores emisiones (fermentación entérica, consumo por tipo de pasto, energía, y producción de forrajes), se proponen las siguientes estrategias para reducción de emisiones en los tres grupos de fincas.

5.3.1 Estrategias de mitigación de emisiones por fermentación entérica

Una técnica para mitigación de GEI a causa de fermentación entérica es la suplementación, estrategia que es aplicable en la zona de estudio. Según Trujillo (2018), los concentrados, tanto ricos en azúcares y almidón, ocasionan en el rumiante una disminución de CH₄ producido, debido a que este gas logra que las fuentes de hidrógeno se minimicen en el rumen y se dé una mayor producción de ácido propiónico, aumentando la degradación del alimento y la captura de hidrogeno.

Para Casazza (2020), otra fuente de suplementación para mitigación de CH₄ ruminal es la incorporación de nitrato, fósforo, calcio, zinc y cobre con solución urea o aditivos como promotores de crecimiento u hormonas.

Otra estrategia de suplementación alimentaria que aporta a la mitigación de emisiones de GEI, según Ungerfeld (2018), es el ensilaje a base de maíz o leguminosas, almidón o soya, el cual tiene doble beneficio; siendo el primero y más importante la disminución de CH₄ ruminal, y al mismo tiempo la eliminación de nitrógeno a través de la orina.

También el uso de grasa vegetal o animal, se encuentra como buena estrategia de mitigación de GEI, según Alayón et al., (2018), esto se da debido a la buena eficiencia alimentaria que causa en el rumiante, reduciendo la cantidad de forraje consumido, suplementando la alimentación y logrando que la calidad de la leche no disminuya. Si se utiliza esta alternativa de manejo se recomienda tener especial cuidado debido a las raciones de la dieta de los animales, puesto que se puede llegar al sobre engorde del animal, causando obesidad y haciendo que la cantidad y calidad de la leche se vea afectada.

Todas estas prácticas: incorporación de aditivos alimenticios (zinc, cobre, entre otros), concentrados ricos en azúcares y almidón, ensilaje y uso de grasa vegetal o animal, se incluyen en la llamada “alimentación de precisión”, y sirven para la mitigación de CH₄ ruminal. Según Alayón et. al, (2018), estas actividades se enfocan en encontrar los nutrientes necesarios para el animal en cada etapa de su vida, creando una mejora alimentaria, mayor eficiencia, productividad y reducción de emisiones.

5.3.2 Estrategias de mitigación de emisiones por tipo de pasto que consumen

Los Sistemas Silvopastoriles (SSP) promueven una asociación entre árboles, arbustos y forrajes, con pastos para generar una mejor producción de leche, uno de estos SSP es el estrato herbáceo que según Pateiro et al, (2020), hace referencia a gramíneas forrajeras y plantas leguminosas herbáceas que facilitan la función de fijación de nitrógeno atmosférico, protegiendo el suelo de la erosión y evitando la compactación del mismo dándose por el pisoteo del ganado y optimizando el reciclaje de nutrientes del suelo.

En la zona de estudio se podrían utilizar especies forestales como acacia (*Acacia melanoxylon*), aliso (*Alnus acuminata*) o porotón (*Erythrina edulis*), combinado con especies pastoriles que crecen de buena manera en la zona como son: ryegrass (*Lolium perenne*), holco

(*Holcus lanatus*), pasto azul (*Poa pratensis*) o kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), además del uso de leguminosas, siendo el más asequible el trébol forrajero (*Trifolium repens*).

Los SSP se convierten en inhibidores de metano (metabolitos secundarios de las plantas MPS). Según Reyes (2018), los SSP contienen aditivos que se encuentran de manera natural en las plantas arbustivas o herbáceas, mismos que estimulan la captura de hidrógeno y reducen las emisiones de CH₄. Camacho et al., (2020), mencionan que el potencial de inhibición llega a ser alto, y tienen una ventaja al no ser sintéticos como otros inhibidores de metano. Aunque su uso debe ser limitado debido a la toxicidad excesiva que pueden llegar a causar estas plantas en la actividad microbiana del rumen.

Según Chamorro (2018), el ramoneo de las especies forestales no es suficiente para abastecer la dieta diaria necesaria, por lo tanto, es importante que se cuente con al menos una asociación silvopastoril, para lograr una buena alimentación. Según Jiménez et al., (2019) la mayor ventaja que tiene esta práctica es aumentar la producción de leche debido a la mejora de calidad alimentaria de la vaca y si se introducen árboles de leguminosas, la calidad del forraje mejora y los valores de proteína del pasto no se ven afectados en épocas de invierno.

Para Aguiar (2021), en épocas de sequía los SSP estabilizan la producción forrajera de la zona, mejorando la eficiencia ganadera y si se toman en cuenta las cercas vivas, estas aparte de delimitar la propiedad sirven también como barreras rompevientos o como sitios para descanso de las vacas (si se encuentran en producción extensiva) puedan tomar sombra.

El uso de sistemas silvopastoriles, además son una alternativa viable para reducir GEI debido a que se reduce la presión generada por deforestación para áreas de producción bovina de leche; por otro lado, generan tolerancia a la sequía en épocas secas, aumentan la calidad del forraje y producción de materia seca, al mismo tiempo, ayudan a proteger el suelo incrementando los depósitos de carbono, y contrarrestando también una problemática económica al generar menos costos financieros por alimentación de ganado y asegurando una mejor productividad y eficiencia ruminal del ganado lechero, en el cual se darán menores pérdidas de nitrógeno por rumia.

5.3.3 Estrategias de mitigación de emisiones por consumo de energía

Para el factor de energía, las estrategias pueden ser en función del tamaño de la granja, ya que, en fincas grandes, debido al aumento de producción de leche habrá mayor consumo de energía, por lo que se recomendarían algunas estrategias de manejo para las fincas grandes (Shine et al., 2020).

Una estrategia que propone Grossi et al., (2018), es el uso de energía solar para electricidad requerida en la granja; considerando el clima de la zona y puesto que el sol irradia directamente por ser zona ecuatorial, la energía solar no sería ningún problema al momento de abastecer a una granja lechera. Con esto, se logrará la disminución de GEI por energía.

Según la investigación de O'Connor et al., (2020), el uso de energía solar ha disminuido de manera significativa las emisiones de GEI. En Ecuador, se podría sugerir una estrategia que involucraría a instituciones de gobierno, generando política agropecuaria mediante la entrega de paneles solares mediante convenios a productores ganaderos grandes, siendo una iniciativa voluntaria de mitigación de gases que contribuyen al cambio climático.

5.3.4 Estrategias de mitigación para producción de forrajes

En vista de que el sobrepastoreo y el uso de pastoreo intensivo en momentos de lluvia, se han convertido en prácticas que generan más emisiones, se recomiendan la agricultura de conservación en pastos y forrajes, así como el pastoreo rotativo; que pueden llegar a ser prácticas de mitigación que garantizarían una conversión más eficiente del forraje reduciendo principalmente emisiones de CH₄ y N₂O (Molieleng et al., 2021).

El sobrepastoreo podría ser reducido utilizando heno o ensilaje para complementar la alimentación, esta estrategia se encuentra dentro de la agricultura de conservación (CA), logrando preservar el forraje dedicado a ganadería (Mutsamba & Mupangwa, 2020).

Por su parte Ihediwa et al., (2022), menciona que la henificación proporciona mayores beneficios en cuanto a consumo de materia seca, que influirá en un mayor rendimiento de leche y reduciendo emisiones.

Li et al., (2022), menciona que el ensilaje es una forma nueva y mucho más barata para conservar los pastos y forrajes, en comparación con el henolaje, contando con altos contenidos de humedad, y expuesto a microorganismos anaerobios, logrando que se conserven las propiedades alimenticias de los mismos. De esta manera se reducirá el sobrepastoreo, especialmente en épocas de lluvia.

El pastoreo rotativo es un buen método para facilitar la alimentación del ganado, según Hartwiger et al., (2018), se logra de manera más uniforme el crecimiento del pasto, por supuesto que, debido a uso de insumos agrícolas como alambre, portería, entre otros, hace que sea más caro que el pastoreo continuo usualmente usado en ganadería lechera de Carchi, pero tiene mejores beneficios, tanto en buen uso de suelo, evitando sobrepastoreo y reduciendo el riesgo de engorde del animal.

Según Burbano (2018), las áreas que utilizan pastoreo rotativo poseen muchas reservas de carbono, generando un equilibrio entre la producción de forrajes y las emisiones de GEI, un mejor uso del terreno utilizado para pastoreo y menos tiempo de recorrido para las vacas, lo cual logra que la energía del animal sea utilizada directamente para producir leche. Por otra parte, según Milera et al., (2019), el pastoreo rotativo depende de factores como reposo entre rebrote de forrajes o estimulación de ciclos de producción natural de forrajes, porque es importante para generar reservas necesarias para que la raíz del pasto mantenga más nutrientes y así crezca eficientemente.

5.3.5 Otras estrategias de mitigación de GEI

Además de las prácticas ya mencionadas, pueden existir otras acciones encaminadas a reducir GEI de las fincas ganaderas. Una de estas estrategias es el manejo de estiércol como compostaje dentro de las fincas. No dejar el estiércol sobre el sitio de pastoreo y utilizarlo como abono generaría beneficios no solo a nivel de suelo, sino para mitigar emisiones (Uddin et al., 2020).

Según Ronga et al., (2020), el compostaje podría ser un método esencial para reducir las emisiones de GEI de varios materiales de desecho, incluyendo los excrementos de origen

animal. De la misma manera, logra la reducción de malos olores dentro de la finca, gracias al almacenamiento de los desechos fecales bovinos en una sola área, y sirve también para reducir el uso de fertilizantes en las plantaciones, contribuyendo a que sea una práctica menos costosa, y fácil de realizar en la zona de estudio.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización social y económica mediante la cual, se logró categorizar las fincas ganaderas en tres grupos: grupo 1 – fincas pequeñas (1-9 animales), grupo 2 – fincas medianas (10-30 animales) y grupo 3 – fincas grandes (más de 31 animales). Además, se evidenció que, en la provincia de Carchi, la mayoría de fincas son administradas por el género masculino, predomina la instrucción primaria como nivel de educación, y la mayoría de productores cuentan con 11 a 30 años de experiencia dedicados a ganadería.
- En lo referido al manejo de los sistemas productivos, la mayoría de encuestados se encuentran en el grupo de fincas pequeñas. Los productores que utilizan fertilizaciones de los pastos para alimentación de ganado, son muy pocos; siendo el grupo de fincas grandes los que más fertilizan los pastos, por ende, cuentan con más producción y superficie dedicado a ganadería.
- En la asociación entre variables socioeconómicas y de manejo de los sistemas productivos de las fincas de ganadería lechera, la asociación del género con el uso de fertilizante mostró alta significancia, siendo el género masculino el que más fertiliza. Mientras que el nivel de educación frente al uso de fertilizante también demostró significancia, siendo el grupo de educación primaria el que más fertiliza frente a los demás grupos.
- Los resultados por emisiones totales de fincas (pequeñas, medianas y grandes) fueron los siguientes: fincas grandes en promedio producen 60211 Kg CO₂ equivalente, mientras que el grupo de fincas medianas emite en promedio 20315 Kg de CO₂ equivalente y el grupo de fincas pequeñas emite en promedio 7834 Kg de CO₂ equivalente. Demostrando que factores, como alimentación de ganado y utilización

de insumos (fertilizantes, energía) dentro de las granjas lecheras influyen en el aumento de emisiones. La fermentación entérica fue el tipo de emisión que generó mayor cantidad CO₂ equivalente de los tres grupos, seguido por el consumo de tipo de pasto, energía y producción de forrajes.

- En cuanto a las emisiones por hectárea, el promedio de emisiones por fincas pequeñas es de 4287 Kg de CO₂ equivalente x ha; mientras que las fincas medianas emiten en promedio 4218 Kg de CO₂ equivalente x ha; y finalmente, el grupo de fincas grandes que emite en promedio 3963 Kg de CO₂ equivalente x ha. Finalmente, las emisiones por litro de leche, en el cual el promedio de emisiones por fincas pequeñas fue de 0.80 Kg de CO₂ equivalente x litro de leche; mientras que las fincas medianas emiten 0.77 Kg de CO₂ equivalente x litro de leche, y las fincas grandes que emiten 0.67 Kg de CO₂ equivalente x litro de leche.
- Las emisiones de CO₂ por hectárea y por litro de leche demostraron que las fincas pequeñas generan la mayor tasa de emisiones. Esto ocurre debido a que las fincas pequeñas tienen menor superficie y hato bovino lechero, y al ser divididas estas emisiones para la superficie y los litros de leche totales en la finca respectivamente, el valor que se genera es mucho más elevado en comparación con las fincas grandes.
- Se identificaron buenas prácticas ganaderas aplicables en la zona de estudio con potencial de mitigación de GEI, mismas que se enfocaron a los cuatro factores más relevantes de emisiones presentados en esta investigación: fermentación entérica, consumo por tipo de pasto, energía y producción de forrajes. Estrategias como las siguientes: suplementación alimentaria animal (incorporación de aditivos alimenticios, concentrados ricos en azúcares y almidón, uso de grasa vegetal o animal), aplicación de sistemas silvopastoriles, uso de máquinas de ordeño con energía solar en fincas grandes, uso de henolaje y ensilaje e implementación de pastoreo rotativo. Lograrán generar un mejor manejo y cuidado del bovino y aportar de mejor manera a la disminución de Gases de Efecto Invernadero, logrando que los contenidos de CO₂e generados por la ganadería lechera en Carchi descendan de

manera considerable. Implementar una estrategia o varias, dependerá de la factibilidad que podría darse en la zona de estudio, como del alcance socioeconómico de los productores lecheros.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Es importante considerar que factores como manejo de fincas y alimentación animal deben encaminarse no solo en la producción, sino que se debe tener en cuenta el cuidado del medioambiente. Se recomienda realizar investigaciones que profundicen sobre las emisiones de GEI, no solo en la provincia de Carchi – Ecuador, sino en todo el país, para poder comparar y contribuir a reducción de emisiones, ya que es de gran importancia lograr un cambio en el manejo y alimentación de vacas lecheras, enfocado a generar un cambio positivo para el medio ambiente.
- Se recomienda a los gobiernos provinciales, crear políticas a nivel del país enfocados a la mitigación de emisiones de GEI por ganadería lechera, para ello se podría establecer programas destinados a mejorar la alimentación, generar concientización hacia el efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero en los productores ganaderos y propender a la cultura de una ganadería más amigable con el medio ambiente.
- Para las futuras investigaciones se recomienda considerar en el levantamiento de información la cantidad de estiércol producido por los animales en las fincas que se haga el análisis, ya que este parámetro no fue considerado en la investigación y podría ser un dato relevante para cuantificar las emisiones.
- Este estudio puede ser utilizado como base para otros futuros estudios, enfocados a las emisiones por ganadería de carne o por producción de otros animales de interés zootécnico.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agriзон. (2021). *Bomba fumigadora estacionaria: Características*. Obtenido de <https://www.e-agriзон.com/producto/fumigadora-estacionaria-combinada/#:~:text=Capacidad%20tanque%3A%203%2C6%20lt,Peso%20motor%3A%2015%20kg>.
- Aguiar, M. K. (2021). *“Principales acciones en la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria”* . [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Obtenido de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/10313/E-UTB-FACIAG-MVZ-000049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alayón, J. A., Jimenez, G., Piñero, A. T., Albores, S., & Villanueva, G. (2018). Estrategias de mitigación de Gases Efecto Invernadero en la ganadería. *Agroproductividad*, 11(2), 9-15.
- Albuja, L., & Basantes, T. (2020). Análisis económico de cultivos andinos presentes en las provincias de Imbabura y Carchi - Ecuador. *Revista Argentina de Economía Agraria*, 21(1), 43-60. Obtenido de https://raea.com.ar/revistaaaea_arg/article/view/38
- Alltechspain. (2015). *¿Cómo emplea una vaca las 24 horas del día?* Obtenido de <https://alltechspain.blogspot.com/2015/11/como-emplea-una-vaca-las-24-horas-del.html#:~:text=Las%20vacas%20se%20acercan%20de,minutos%20tan%20solo%20para%20dormir>.
- Baccour, S., Albiac, J., & Kahil, T. (2021). Cost-Effective Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in the Agriculture of Aragon, Spain. *MDPI: IJERPH*, 18(3), 1084. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph18031084>
- Barleta, E., & Sánchez, S. (2020). Hacia la descontaminación del transporte marítimo del comercio internacional: metodología y estimación de las emisiones de CO2. *Boletín FAL*, 372(18), 1. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11362/45075>

- Bartolomé, J., Posada, R., Taberner, M., García, J., & Olmedo, S. (2013). Caracterización del consumo eléctrico en las granjas de vacuno lechero de Castilla y León. *Archivos de Zootecnia*, 62(239), 1. doi:<https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922013000300013>
- Bekele, W., Guinguina, A., Zegeye, A., Simachew, A., & Ramin, M. (2022). Contemporary Methods of Measuring and Estimating Methane Emission from Ruminants. *MDPI: Methane*, 1(2), 82-95. doi:<https://doi.org/10.3390/methane1020008>
- Benaouda, M., & González, M. (2017). Estado de la investigación sobre emisiones de metano entérico y estrategias de mitigación en América Latina. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 1-6. doi:<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.20>
- Betancourt, L. (2019). *Re-evaluación del potencial geotérmico en el Proyecto Geotérmico Chalpatán, provincia del Carchi-Ecuador y propuesta de usos directos para el sector rural*. [Tesis de diplomado, Universidad de El Salvador]. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20775/>
- Bilal, H., Habib, S., & Ahmed, H. (2022). Role of diary farming in socio-economic acceleration aspects in Balochistan: livestock industry scenarios. *Pakistan journal of international Affairs*, 5(2), 1. Obtenido de <http://www.pjia.com.pk/index.php/pjia/article/view/442/321>
- Burbano, H. (2018). Carbono orgánico del suelo frente al cambio climático. *Revista Científica Agronómica, Universidad de Nariño.*, 35(1), 82-96. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352018000100082&lang=es
- Cadena, D. A. (2019). *Propuesta de medidas de mitigación para haciendas lecheras*. [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6582/1/T2831-MCCNA-Huertas-Propuesta.pdf>
- Camacho, M., Ramos, D., Ávila, N., Sánchez, E., & López, S. (2020). The physico-chemical plant defenses and its effect on ruminant feeding. *Terra latinoamericana*, 38(2), 1-10. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792020000300443&script=sci_arttext_plus&tlng=es#
- Carmona, J. C. (2017). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones yaminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista*

- colombiana de ciencias pecuarias*, 18(1), 49-63. Obtenido de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323994/20781174>
- Carvajal, L., & Montenegro, G. (2019). Reflexiones teóricas sobre la evaluación de factores socioeconómicos en explotaciones lecheras del Carchi, Ecuador. *Visión Empresarial*, 9(2), 1-9. Obtenido de <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/visionempresarial/article/view/864/937>
- Casazza, A. (2020). *Identificación con Big Data, factores para mitigar el cambio climático por gestión sustentable de residuos ganaderos*. [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana]. Obtenido de <https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/bitstream/123456789/22686/1/cdt070521223505mxwk.pdf>
- Cayambe, J. (2017). *Estrategias agrícolas de mitigación y adaptación al cambio climático: Comparación en sistemas de producción en la Región Andina y en España*. [Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid]. Obtenido de http://oa.upm.es/47385/1/JHENNY_CAYAMBE_TERAN.pdf
- Chamorro, B. (2018). *“Evaluación del efecto de dos sistemas silvopastoriles de aliso (Alnus acuminata) y acacia (Acacia melanoxylon), en la producción de pasturas en la finca San Vicente, parroquia El Carmelo, provincia del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/607>
- Chassoul, M. J. (2017). Cuantificación de gases de efecto invernadero en la Sede de Occidente de la Universidad de Costa Rica. *Revista Posgrado y Sociedad*, 15(1), 69-77. Obtenido de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/posgrado/article/view/1827/2033>
- Cheng, M., McCarl, B., & Fei, C. (2022). Climate Change and Livestock Production: A Literature Review. *MDPI: ATMOSPHERE*, 13(1), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/atmos13010140>
- Costantini, A. (2017). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Producción Ganadera*. Buenos Aires: INTA. Obtenido de <http://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2018/11/4-Costantini-cei68-5-5.pdf>

- Cotacallapa, G. Q., Mamani, E. F., Rodriguez, C. M., & Montoya, J. J. (2020). Desarrollo de una red de sensores inalámbricos (rsi) para la caracterización de gases de efecto invernadero CO₂ y CH₄ en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de Investigación Andina*, 20(1), 1-14. doi:<http://dx.doi.org/10.35306/rev.%20cien.%20univ..v1i1.854>
- Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC). (2021). *Estadísticas Agropecuarias*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Presentacion%20ESPAC%202020.pdf
- Fuel, M. L. (2018). “*Formación de clúster para la internacionalización de los productos lácteos de las Asociaciones de Ganaderos del cantón Montúfar provincia del Carchi*”. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Obtenido de <http://190.15.129.74/handle/123456789/612>
- Ghadavi, D., Sorathiya, L., & Rathva, A. (2020). Comparative Socio-Economic and Personal Characteristics of Specialized Dairy Farms of North and South Gujarat Regions. *Indian Journal of Veterinary Science and Biotech*, 15(3), 9-12. doi:<http://dx.doi.org/10.21887/ijvsbt.15.3.3>
- Ghahramani, A., Howden, S., Del Prado, A., Thomas, D., Moore, A., Ji, B., & Ates, S. (2019). Climate Change Impact, Adaptation, and Mitigation in Temperate Grazing Systems: A Review. *MDPI: Sustainability*, 24(11), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su11247224>
- Godino, J. G. (2021). *Impactos negativos para el medio ambiente generados por el sector ganadero: contaminación y cambio climático*. [Tesis de pregrado, Universitat Politècnica de València]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/158355>
- Golosa, P., Wysokinski, M., Bienkowska, W., Gradziuk, P., Golonko, M., Gradkiuk, B., . . . Gromada, A. (2021). Sources of Greenhouse Gas Emissions in Agriculture, with Particular Emphasis on Emissions from Energy Used. *MDPI: Energies*, 14(13), 3784. doi:<https://doi.org/10.3390/en14133784>
- Grossi, G., Goglio, P., Vitali, A., & Williams, A. (2018). Livestock and climate change: impact of livestock on climate and mitigation strategies. *Animal Frontiers*, 9(1), 1-15. doi:<https://doi.org/10.1093/af/vfy034>
- Haro, J., & Gómez, C. (2018). *Mitigación de emisiones provenientes de la ganadería en la región andina*. IICA. Obtenido de

<https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7209/BVE18040236e.pdf;jsessionid=45AC65D789F072A39460EA56982F4013?sequence=1>

- Hartwiger, J., Scharen, M., Porthoff, S., Huther, L., Kersten, S., Soosten, D., . . . Meyer, U. (2018). Effects of a Change from an Indoor-Based Total Mixed Ration to a Rotational Pasture System Combined With a Moderate Concentrate Feed Supply on Ruminal Fermentation of Dairy Cows. *MDPI: Animals*, 8(11), 205. doi:<https://doi.org/10.3390/ani8110205>
- Haverkort, A., & Hillier, J. (2011). Cool Farm Tool: Model description and performance of four production systems. *Potato Research*, 4(54), 355-369. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11540-011-9194-1>
- Hennessy, D., Delaby, L., Pol-van, A., Shalloo, & L. (2020). Increasing Grazing in Dairy Cow Milk Production Systems in Europe. *MDPI: Sustainability*, 12(6), 2443. doi:<https://doi.org/10.3390/su12062443>
- Herrería, G. M. (2018). *"Propuesta de inversión para el mejoramiento de la cadena productiva de la leche bovina, de la asociación San Francisco de la Línea Roja, Cantón Montufar, Provincia del Carchi"*. [Tesis de Maestría, Universidad Central del Ecuador]. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/16960/1/T-UCE-0005-CEC-006-P.pdf>
- Ibidhi, R., Kim, T., Bharamindharan, R., Lee, H., Lee, K. N., & Kim, K. (2021). Developing Country-Specific Methane Emission Factors and Carbon Fluxes from Enteric Fermentation in South Korean Dairy Cattle Production. *MPDI: Sustainability*, 13(16), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su13169133>
- Ihediwa, W., Ndukwu, M., Abada, U., Ekop, I., Bennamoun, L., Simo-Tagne, M., & Abam, F. (2022). Optimization of the energy consumption, drying kinetics and evolution of thermo-physical properties of drying of forage grass for haymaking. *SpringerLink*, 52(2), 1187-1206. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s00231-021-03146-2>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2012). *Encuesta sobre Uso de Agroquímicos y su Destino Final en la Agricultura*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/Plaguicidas.pdf>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2010). *Fascículo Provincial Carchi*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/carchi.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2021). *Strengthening and implementing the global response*. Obtenido de <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>
- Jiménez, G., Soto, L., Piñeiro, A., Valencia, A., & Pérez, E. (2019). Silvopastoreo y cambio climático: avances y barreras en mitigación y adaptación en el sureste de México. *Los sistemas agroforestales de México: Avances, experiencias, acciones y temas emergentes.*, 7(1), 515-530. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Ana-Moreno-Calles/publication/357092915_Los_Sistemas_Agroforestales_de_Mexico-_Avances_experiencias_acciones_y_temas_emergentes_de_Ana_Isabel_Moreno_Calles_et_al/links/61bb4d401d88475981f2d50d/Los-Sistemas-Agroforestal
- Jones, S., Diem, T., Teh, Y. A., Salinas, N., Reay, D., & Meir, P. (2019). Methane Emissions from a Grassland-Wetland Complex in the Southern Peruvian Andes. *MDPI: Soil Systems*, 1(2), 3. doi:<https://doi.org/10.3390/soilsystems3010002>
- León, V., & Torres, B. (2020). Perception of climate change in four communities oriented to cattle ranching in the central zone of the Ecuadorian Andes. *Livestock Research for Rural Development*, 3(2), 1-15. Obtenido de http://repositorio.ikiam.edu.ec:8080/jspui/bitstream/RD_IKIAM/422/1/A-IKIAM-000303.pdf
- Lessire, F., Jacquet, S., Veselko, D., Piraux, E., & Dufrasne., I. (2019). Evolution of Grazing Practices in Belgian Dairy Farms: Results of Two Surveys. *MDPI: Sustainability*, 11(15), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su11153997>
- Li, Y., Wang, J., Mei, J., Huang, L., & Liu, H. (2022). Effects of Mulberry Branch and Leaves Silage on Microbial Community, Rumen Fermentation Characteristics, and Milk Yield in Lactating Dairy Cows. *MDPI: Fermentation*, 8(2), 86. doi:<https://doi.org/10.3390/fermentation8020086>
- Locoli, A., Orden, L., López, F., Gómez, M., Villamil, M., & Zabaloy, M. (2021). Towards Sustainable Dairy Production in Argentina: Evaluating Nutrient and CO2 Release from Raw and Processed Farm Waste. *MDPI: agronomy*, 11(12), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy11122595>

- MacSween, K., & Feliciano, D. (2018). Comparison of online greenhouse gas accounting tools for agriculture. *CGSpace: A Repository of Agricultural Research Outputs*, 86(14), 1-6. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10568/98869>
- Marín, D., Matamoros, J., & Ramírez, C. (2022). Dinámicas de producción y emisiones modeladas de gases de efecto invernadero en sistemas regionales de producción lechera de Honduras. *Revista de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 69(1), 46-62. doi:<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v69n1.101526>
- Martin, N. Y. (2017). Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global. *Revista de la facultad de ciencias agropecuarias*, 3(1), 1-10. Obtenido de http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/216/121
- Martínez, D. A. (2016). *Estudio de parámetros Productivos, Reproductivos, Nutricionales y Económicos de las explotaciones lecheras tecnificadas del cantón Montúfar – provincia del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Obtenido de <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream>
- Martinsson, E., & Hansson, H. (2021). Adjusting eco-efficiency to greenhouse gas emissions targets at farm level – The case of Swedish dairy farms. *ELSEVIER*, 287(16), 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112313>
- McConkey, B., & Maynes, T. (2017). *Informe sobre emisiones y potencial de reducción de emisiones para la producción ganadera en Cuba*. Viresco Solutions. Obtenido de <https://www.ctc-n.org>
- Milera, M., Machado, R., Alonso, O., Hernández, M., & Sánchez, S. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 1. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100003&script=sci_arttext&tlng=pt#B3
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Balance Energético Nacional 2020*. Obtenido de <https://www.recursoyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/01-CAPI%CC%81TULO-01BEN-2020-Web-17-46.pdf>
- Misiunas, S. (2016). *Alimentación animal de ganado bovino lechero*. Obtenido de <http://www.agro.unc.edu.ar/~wpweb/pleche/wp-content/uploads/sites/8/2016/06/Practico-de-Crianza2016ppt.pdf>

- Molieleng, L., Fourie, P., & Nwafor, I. (2021). Adoption of Climate Smart Agriculture by Communal Livestock Farmers in South Africa. *MDPI: Sustainability*, 18(13), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su131810468>
- Montelongo, H. (2020). *Determinación de factores de emisión de metano por fermentación entérica en ganado bovino en las regiones de clima seco en México (tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México)*. Universidad Autónoma del Estado de México. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/110260/Tesis%20final%20HUGO%20V%2027%20FEBRERO%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morera, A. V., & Villalobos, C. C. (2020). Variación espacial y temporal de la emisión de óxido nitroso en un suelo dedicado a ganadería de carne en el trópico seco de Costa Rica. *Alcances Tecnológicos*, 1(13), 20-30. Obtenido de <https://www.platicar.go.cr>
- Mutsamba, E., & Mupangwa, N. (2020). Forage and maize yields in mixed crop-livestock farming systems: Enhancing forage and maize yields in mixed crop-livestock systems under conservation agriculture in sub-humid Zimbabwe. *ELSevier*, 92(16), 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100317>
- Naranjo, J. F., & Buitrago, J. D. (2019). Sobre algunos mitos y realidades de la ganadería bovina. *Ciencias Tecnológicas Agropecuarias*, 21(3), 1-13. doi:https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num3_art:1524
- Nieto, M. I., Frigerio, K., Reiné, R., & Barrantes, O. (2020). The management of extensive livestock systems and its relationship with greenhouse gas emissions. *FCA Uncuyo*, 52(2), 176-188. Obtenido de https://zaguan.unizar.es/record/97247/files/texto_completo.pdf
- Nogalpark. (2022). *MOTOGUADAÑA-STIHL-FS-450*. Obtenido de <https://nogalpark.com/productos/ver/MOTOGUADANA-STIHL-FS-450>
- O'Connor, S., Ehimen, E., Pllai, S., Lyons, G., & Bartlett, J. (2020). Economic and Environmental Analysis of Small-Scale Anaerobic Digestion Plants on Irish Dairy Farms. *Energies*, 13(3), 1-17. doi:<https://doi.org/10.3390/en13030637>
- Olivorio, B. A., & Bustillo, M. G. (2021). *Modelaje para mitigar gases de efecto invernadero en ganaderías doble propósito del trópico húmedo en Honduras utilizando Buenas Prácticas de Manejo Ganaderas*. [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana

- Zamorano]. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/7023/1/CPA-2021-T004.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2018). *Ecuador concluye proceso internacional de manejo sostenible de tierras*. Obtenido de <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/en/c/1128261/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2019). *Ganadería climáticamente inteligente Ecuador*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ca9462es/CA9462ES.pdf>
- Ortega, M. E. (2018). *Mejoramiento de la inocuidad y calidad fisicoquímica de la leche cruda acopiada en la asociación de producción y comercialización agropecuaria rancheros del norte de la parroquia El Carmelo, provincial del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8421>
- Pateiro, M., Munekata, P. E., Domínguez, R., & M, L. J. (2020). Ganadería extensiva frente al cambio climático en España. *ITEA*, 116(5), 375-376. Obtenido de [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/\(444-460\)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2020/116-5/(444-460)%20ITEA%20116-5%20EXTRA.pdf)
- Patt, J., Roldán, M., Garcia, F., Ruolo, M., & Salvador, M. (2021). Identificación de estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero aplicables a sistemas ganaderos del noreste de Córdoba. *Nexo Agropecuario*, 9(2), 1-6. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/35494>
- Peña, J., García, J., & Campos, M. (2019). Planificación de la zonificación de la Finca Experimental San Francisco situada en la provincia del Carchi Ecuador. *Tierra infinita*, 1-23. Obtenido de <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/tierrainfinita/article/view/923/997>
- Prathap, P., Singh, S., Leury, B., Cottrell, J., & Dunshea, F. (2021). Towards Sustainable Livestock Production: Estimation of Methane Emissions and Dietary Interventions for Mitigation. *MDPI: Sustainability*, 11(13), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su13116081>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2021). *The heat is on: A world of climate promises not yet delivered*. Glasgow: Nations Environment

- Programme. Obtenido de <https://www.unep.org/es/resources/emissions-gap-report-2021>
- Quijia, A. (2020). *Análisis del impacto de la implementación del sistema de riego por goteo en la productividad del sector agrícola en la Asociación de Productores Agropecuarios San Rafael, cantón Bolívar provincia del Carchi*. [Tesis de grado, Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20694>
- Quiñones, J., Cardona, J., & Castro, E. (2020). Ensilaje de arbustivas forrajeras para sistemas de alimentación ganadera del trópico altoandino. *Revista de investigación Altoandina*, 22(3), 1. doi:<http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.662>
- Reyes, M. R. (2018). *Acciones de mitigación nacionalmente apropiadas en el marco de las contribuciones determinadas en el sector ganadero de cinco países de Mesoamérica*. CATIE. Obtenido de https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/11448/Acciones_de_mitigacion_nacionalmente_apropiadas.pdf?sequence=1
- Richards, M. (2019). *Measure the Chain: Tools for Assessing GHG Emissions in Agricultural Supply Chains*. Vermont: CEREs. Obtenido de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/98361/Ceres_MeasureTheChain_GHG.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rico, A. M. (2020). *La ganadería y su contribución al cambio climático*. Madrid: Amigos de la Tierra. Obtenido de https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/328757/Informe_Ganaderia_Cambio_climatico_Amigos_de_la_Tierra.pdf?sequence=1
- Riojas, I., & Badii, A. (2018). La ganadería y el desarrollo sustentable. *Daena: International Journal of Good Conscience.*, 13(2), 77-102. Obtenido de [http://www.spentamexico.org/v13-n2/A5.13\(2\)77-102.pdf](http://www.spentamexico.org/v13-n2/A5.13(2)77-102.pdf)
- Rivera, J., Serna, L., Solano, C., Gómez, M., Hernández, D., & Chará, J. (2021). Los sistemas de producción bovina en el departamento del Cesar, Colombia. Una estimación de las emisiones de GEI y sus alternativas de mitigación. *Livestock Research for Rural Development*, 33(4), 1-8. Obtenido de <http://www.lrrd.org/lrrd33/4/3352jeriv.html>
- Romero, A. (2021). Actividad ganadera: evaluación de las emisiones y estrategias de mitigación*. *Anales de la Real Academia de Doctores de España.*, 6(2), 359-371.

Obtenido de <https://www.radoctores.es/doc/V6N2-08%20-%20ROMERO%20-%20actividad%20ganadera%20evaluaci%C3%B3n%20de%20las%20emisiones.pdf>

- Ronga, D., Mantovi, P., Pachioli, M., Pulvireti, A., Bigi, F., Allesina, G., . . . DalPrá, A. (2020). Combined Effects of Dewatering, Composting and Pelleting to Valorize and Delocalize Livestock Manure, Improving Agricultural Sustainability. *MDPI: Agronomy*, 10(5), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/agronomy10050661>
- Saiz, A. L. (2017). Ganadería y cambio climático: una influencia recíproca. *GeoGraphos: Revista Digital para Estudiantes de Geografía y Ciencias Sociales*, 1(3), 1-22. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3419464>
- Salazar, Á., & Cochet, H. (2016). Haciendas y campesinos lecheros en el Carchi (Andes húmedos del norte del Ecuador): dinámica productiva y comparación de los resultados técnicos y económicos. *Revista de Geografía Agrícola*, 5(57), 7-25. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75749288005>
- San Martin, M., González, J., Bogates, J, R., W, Reiser, M., & Kranert, M. (2022). Methane, Nitrous Oxide, and Ammonia Emissions on Dairy Farms in Spain with or without Bio-Activator Treatment. *MDPI: Atmosphere*, 6(13), 893. doi:<https://doi.org/10.3390/atmos13060893>
- Sánchez, P., Almaraz, I., Torres, M., Campos, R., Robles, R., Luqueño, F., . . . Razo, O. D. (2018). Potencial de emisión de GEI de plantas forrajeras por fermentación entérica. *Revista Agroproductiva*, 11(2), 1-6. Obtenido de <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/116>
- Sato, M., Kato, M., Noguchi, M., Ono, M., & Kobayashi, K. (2020). Gender Differences in Depressive Symptoms and Work Environment Factors among Dairy Farmers in Japan. *MDPI: IJERPH*, 17(7), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph17072569>
- Shine, P., Upton, J., Sefeedpari, P., & Murphy, M. (2020). Energy Consumption on Dairy Farms: A Review of Monitoring, Prediction Modelling, and Analyses. *Energies*, 13(5), 1-13. doi:<https://doi.org/10.3390/en13051288>
- Soosten, D., Meyer, U., Flachowsky, G., & Danicke, S. (2020). Dairy Cow Health and Greenhouse Gas Emission Intensity. *MDPI: Dairy*, 1(1), 20-29. doi:<https://doi.org/10.3390/dairy1010003>

- Todde, G., Murgia, L., Caria, M., & Pazzona, A. (2018). A Comprehensive Energy Analysis and Related Carbon Footprint of Dairy Farms, Part 1: Direct Energy Requirements. *MDPI: Energies*, 11(2), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/en11020451>
- Torres, G., García, A., Rivas, J., Perea, J., & Angón, E. &. (2015). Caracterización socioeconómica y productiva de las granjas de doble propósito orientadas a la producción de leche en una región tropical del Ecuador, caso de la provincia de Manabí. *Revista científica RC*, 4(25), 330-337. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173009>
- Trujillo, V. (2018). *Formulación de Estrategias para la Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero Provenientes de la Ganadería Lechera. Estudio de Caso Finca Villa Filomena (tesis de grado, Universidad El Bosque)*. Universidad El Bosque. Obtenido de https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3309/Trujillo_%c3%81lvarez_Leidy_Viviana_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Uddin, M., Larson, R., & Wattiaux, M. (2020). Effects of dairy cow breed and dietary forage on greenhouse gas emissions from manure during storage and after field application. *ELSEVIER*, 270(15), 1. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122461>
- Ungerfeld, E. (2018). Predicción y mitigación de las emisiones de metano de los rumiantes. *Agro productividad*, 11(2), 1-307. Obtenido de <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/115>
- Vásquez-Carrillo, M. F., & Ku-Vera, J. C. (2020). Emisiones de metano por fermentación entérica de la ganadería bovina de México: La importancia de contar con inventarios nacionales precisos y de estrategias viables de mitigación. *Elementos para políticas públicas*, 4(1), 13-26. Obtenido de <http://www.elementospolipub.org/ojs/index.php/epp/article/view/27/25>
- Velasco, S. M. (2017). Ganadería Eco-eficiente y la adaptación al cambio climático. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(1), 135-144. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117772>
- Weerden, B. P., Klein, D., C, Hutchinson, K., Farrell, L., Stormink, R., . . . Dynes, R. (2018). The Effects of System Changes in Grazed Dairy Farmlet Trials on Greenhouse Gas Emissions. *MDPI: Animals*, 8(12), 234. doi:<https://doi.org/10.3390/ani8120234>

Zanni, S., Roccaro, M., Bocedi, F., Peli, A., & Bonoli, A. (2022). LCA to Estimate the Environmental Impact of Dairy Farms: A Case Study. *MDPI: Sustainability*, 14(10), 1. doi:<https://doi.org/10.3390/su14106028>

ANEXOS

5.6.1 Anexos del grupo fincas pequeñas (1 a 9 vacas) en el software Cool Farm Tool

Anexo A

Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Pequeñas.

#	Propietario	Número de animales	Superficie (ha)	Litros de leche por finca/año	Kg CO2e x litro de leche (kg)	kg CO2e totales (kg)	Kg CO2e x ha (kg)
1	Mercedes Patiño	1	0.1	3600	0.68	2370	23700.0
2	María Puetate	1	1	3600	0.8	2800	2800.0
3	Ancisar Portilla	2	1	2520	1.12	2750	2750.0
4	William Quitanchala	2	1	3600	0.79	2750	2750.0
5	Lijia Benavides	2	1	3600	1.17	3970	3970.0
6	Esteban Paspuel	2	3	2880	0.28	3940	1313.3
7	Arturo Paillacho	3	1	5400	0.79	4140	4140.0
8	Rosario Rosero	3	1	8280	0.67	5370	5370.0
9	María Elisa Narváez	3	1	9000	0.63	5480	5480.0
10	Esperanza Lima	4	1	9000	0.61	5350	5350.0
11	José Diógenes Narváez	4	2	5400	1.06	5560	2780.0
12	Edison Chugá	4	1	14400	0.55	7690	7690.0
13	Enma Manosalvas	4	0.5	5760	0.88	4900	9800.0
14	Rosa Taramuel	4	2	10800	0.65	4120	2060.0
15	Lorena Chenas	4	0.5	8280	0.81	6550	13100.0
16	Alberto Oliva	4	1	7200	0.61	4240	4240.0
17	Roberto Rosero	5	6	7200	0.9	6290	1048.3
18	Alfonso Rosero	5	5	7200	0.75	5240	1048.0

19	Roberto López	5	1.5	2160	2.04	4270	2846.7
20	Daniela Chalacama	4	1	6480	0.72	4550	4550.0
21	Nayely Chulde	5	1	14400	0.56	7850	7850.0
22	Blanca Cadena	5	3	10800	0.97	10230	3410.0
23	Javier Quelal	6	2	9000	0.78	6830	3415.0
24	María Arcos	6	1	10800	1.12	4700	4700.0
25	Marcelo Puentestar	5	2	6480	0.85	5330	2665.0
26	María Segovia	6	1	10800	0.57	5980	5980.0
27	Martha Meneses	6	2	6480	0.76	4810	2405.0
28	Eliseo Chiles	5	1	9000	0.7	6090	6090.0
29	Ana Luisa Oliva	6	3	7200	0.89	6210	2070.0
30	José Felix Cadena	6	6	7200	0.79	5520	920.0
31	Jorge Cuaspa	6	1	5040	1.22	5990	5990.0
32	Jorge Benavides	7	1	7560	0.91	6670	6670.0
33	Arturo Tapia	7	1	25200	0.51	12440	12440.0
34	Ernesto Mafla	7	3	10800	1.12	11710	3903.3
35	Héctor Acosta	7	6	18000	0.53	9240	1540.0
36	Olga Mayanquer	7	2	18000	0.47	8240	4120.0
37	Oliva Galindo	7	3	5400	1.46	7670	2556.7
38	María Magdalena Pozo	7	2	18000	0.56	9820	4910.0
39	Mayra Chenas	7	3	10800	1.02	10750	3583.3
40	Rosalía Puetate	6	4	10800	0.84	2360	590.0
41	Narcisa Meneses	7	3	14400	0.73	10160	3386.7
42	Blanca Paspuesán	6	7	32400	0.51	8990	1284.3
43	Luis Caraguano	5	2	16200	0.55	8690	4345.0
44	María Teresa Salazar	7	2	7200	0.9	6310	3155.0
45	Rosa Casanova	7	4	16200	0.58	9160	2290.0

46	Manuel Gutiérrez	7	2	10800	0.66	6950	3475.0
47	Luis Castillo	8	3	18000	0.71	12420	4140.0
48	Favio Cortez	7	3	4320	0.75	3160	1053.3
49	Marco Arcos	8	3	10800	0.91	9510	3170.0
50	Manuel Cangas	8	4	14400	0.69	9590	2397.5
51	Beatriz Pozo	7	5	18000	0.59	10400	2080.0
52	Alba Cangas	7	2	14400	0.91	12700	6350.0
53	Wilson Almeida	8	2	21600	0.59	12460	6230.0
54	Carlos Puetate	8	3	14400	0.57	7960	2653.3
55	Byron Pasmay	8	3	18000	0.65	11340	3780.0
56	Carlos Goyes	8	4	21600	0.43	9030	2257.5
57	Blanca Pozo	7	4	14400	0.55	7710	1927.5
58	María Cordova	8	5	18000	0.55	9530	1906.0
59	César de la Cruz	9	5	7200	1.01	7070	1414.0
60	Rosa Picaz	9	1	5040	1.25	6110	6110.0
61	Luis Cruz	9	1	21600	0.59	12300	12300.0
62	Roberto Meneses	9	5	18000	0.67	11770	2354.0
63	Sandra Arcos	9	2	7920	0.96	7350	3675.0
64	Florencio Chalacama	9	1	21600	0.49	10340	10340.0
65	Raúl Chugá	8	4	25200	0.44	10880	2720.0
66	Abdón Chiles	9	4	5400	1.69	8850	2212.5
67	Hernán Moreno	8	4	9000	0.9	7970	1992.5
68	José Cevallos	8	2	12600	0.68	8320	4160.0
69	Jéfferson Cevallos	9	2	8640	1.3	10920	5460.0
70	Jorge Quelal	9	5	21600	0.6	12620	2524.0
71	Mariana Estacio	9	3	9000	0.99	8680	2893.3
72	Marcial Mayanquer	9	2	25200	0.55	13410	6705.0

73	Fabián Salazar	9	2.5	21600	0.51	10690	4276.0
74	Jesús Cruz	8	3	21600	0.73	15240	5080.0
75	Esteban Paspuesán	9	5	32400	0.45	14260	2852.0
76	Miltón Revelo	9	4	10080	1.01	9930	2482.5
77	Alfonso Mejía	9	5	5400	1.53	8020	1604.0
78	Estela Portilla	9	2	7200	1.35	9460	4730.0
TOTAL					62.67	611030	334360.6
PROMEDIO					0.8	7833.7	4286.7

5.6.2 Anexos del grupo fincas medianas (10 a 30 vacas) en el software Cool Farm Tool

Anexo B

Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Medianas.

#	Propietario	Número de animales	Superficie (ha)	Litros de leche por finca/año	Kg CO ₂ e x litro de leche	Kg CO ₂ e totales (kg)	Kg CO ₂ e x ha (kg)
1	Félix Chigamorillo	10	3.8	3600	0.01	9160	2410.5
2	Euler Fuentala	10	5	46800	0.56	25470	5094.0
3	Carlos Velasco	10	5	36000	0.52	18300	3660.0
4	Oscar Lovato	10	5	36000	0.55	19300	3860.0
5	Miguel Benavides	10	2	21600	0.6	12480	6240.0
6	Luis Tatamuez	10	3	14400	0.9	12390	4130.0
7	Ramiro Oto	10	3	7200	1.32	9260	3086.7
8	Aníbal Benavides	10	5	7200	1.06	7410	1482.0
9	Carlos Revelo	10	3	14400	0.67	14050	4683.3
10	Franklin Burgos	10	3	14400	0.74	10360	3453.3
11	Byron Casanova	10	5	28800	0.46	12880	2576.0
12	Bolívar Chamorro	11	2	12600	0.97	11820	5910.0
13	Héctor Arcos	11	4	10080	1.09	11390	2847.5
14	Yolanda Jelpus	12	11	39600	0.51	19530	1775.5
15	Verónica Pulles	12	7	14400	0.73	10180	1454.3
16	Blanca Pinchao	12	19	21600	0.73	15230	801.6
17	Mariana Taramuel	11	2	10800	0.91	9600	4800.0
18	Luis Guamialama	11	4	18000	0.78	13620	3405.0
19	Lenín Hernández	12	6	21600	0.72	15130	2521.7
20	Verónica Meneses	13	3	28800	0.61	17190	5730.0
21	Miguel Rosero	13	7	36000	0.58	19450	2778.6

22	Olga Román	13	1	5400	1.83	9610	9610.0
23	Carolina Imbaquingo	12	3	18000	0.75	13030	4343.3
24	Alvaro Cuasquer	14	10	57600	0.51	28320	2832.0
25	Lourdes Taimal	13	4	18000	0.7	12160	3040.0
26	Jorge Yucás	12	4	10800	1.76	18500	4625.0
27	Rosa Morocho	14	5	18000	0.9	15810	3162.0
28	Fanny Tupue	10	3	16560	0.61	9820	3273.3
29	José Aguilar	13	5	10800	1.03	10800	2160.0
30	Germán Quelal	15	3	32400	0.78	24640	8213.3
31	Laura Vizcaino	14	8	28800	0.53	14880	1860.0
32	Xavier Chulde	15	9.5	25200	0.69	16730	1761.1
33	Carlos Tirira	15	3	12600	0.97	11870	3956.7
34	Zoila Erazo	16	5	43200	0.59	24730	4946.0
35	Adriana Mayanquer	15	10	32400	0.61	19230	1923.0
36	Edgar Huera	16	6	28800	0.81	22800	3800.0
37	Ramiro Benavides	10	7	28800	0.62	17360	2480.0
38	Isabel Inbaquingo	15	1	25200	0.65	16000	16000.0
39	Marco Chamorro	16	6	43200	0.56	23310	3885.0
40	Olga Cuaran	15	1	10800	0.96	10120	10120.0
41	Luz Arteaga	16	6	7200	1.98	13860	2310.0
42	Porfirio Montenegro	16	6	14400	1.02	14220	2370.0
43	Gloria Serrano	17	5	50400	0.46	22390	4478.0
44	Arturo Imbaquingo	18	5	108000	0.75	13030	2606.0
45	Carlos Erazo	17	3	28800	0.72	20240	6746.7
46	Carlos Paredes	17	5	36000	0.6	20870	4174.0
47	Fanny Acosta	16	6	25200	0.65	15800	2633.3
48	Gloria Arcos	18	4	25200	0.68	16530	4132.5

49	Ivan Itaz	17	4	14400	1.07	15000	3750.0
50	Káterin Pozo	17	6	54000	0.52	28510	4751.7
51	Raúl Perenguez	17	10	36000	0.61	19280	1928.0
52	Jorge Quelal Meneses	20	4	18000	0.96	16730	4182.5
53	Germán Chamorro	20	4	25200	0.72	17700	4425.0
54	Luis Mafla	22	6	288000	0.2	56720	9453.3
55	Sandra Cortés	21	10	86400	0.42	35400	3540.0
56	María Paspuel	22	5	25200	0.94	23040	4608.0
57	María Taimal	22	2	10800	0.93	16290	8145.0
58	Digna Guerrero	26	6	18000	1.46	25520	4253.3
59	Humberto Quiroz	25	10	32400	0.7	21890	2189.0
60	Róbinson Benavides	24	20	50400	0.62	30240	1512.0
61	Luz Chamorro	26	8	46800	0.54	24600	3075.0
62	Cristian Mauricio A	28	5	57600	0.55	30760	6152.0
63	César Mayanquer	28	3	43200	0.94	39590	13196.7
64	Raúl Meneses	28	10	72000	0.59	41270	4127.0
65	Wilson Guacales	29	13	72000	0.51	35480	2729.2
66	Luis Moreno	27	23	57600	0.72	40400	1756.5
67	Nelson Ruales	30	6	64800	0.55	34330	5721.7
68	Luis Paillacho	30	6	7200	0.01	29530	4921.7
69	Carlos Mejía	28	10	50400	0.55	26850	2685.0
70	Jaime Bastidas	29	7	43200	0.9	37970	5424.3
71	Ximena Tobar	30	16	90000	0.51	44430	2776.9
TOTAL					53.24	1442390	299444.9
PROMEDIO					0.7715942	20315.3521	4217.5

5.6.3 Anexos del grupo fincas grandes (más de 31 vacas) en el software Cool Farm Tool

Anexo C

Tabla General de Manejo y Emisiones de GEI en Fincas Grandes.

#	Propietario	Número de animales	Superficie (ha)	Litros de leche por finca/año	Kg CO2e x litro de leche	kg CO2e totales (kg)	Kg CO2e x ha (kg)
1	Ruth Erazo	32	4	32400	0.91	28530	7132.5
2	Bayardo Pozo	33	13	64800	0.5	31520	2424.6
3	Mauricio Cerón	33	15	54000	0.8	42000	2800.0
4	Yomaira Arteaga	34	8	6480	0.01	105040	13130.0
5	Luis Alejandro Estacio	34	20	75600	0.55	40450	2022.5
6	Antonio Chelapi	34	26	97200	0.5	46470	1787.3
7	Rosa Cuasquer	37	5	100800	0.46	44690	8938.0
8	Javier Carrera	37	7	21600	1.04	21860	3122.9
9	Beatríz Arévalo	37	7	36000	0.86	30120	4302.9
10	Wilfrido Nazate	37	18	72000	0.68	47290	2627.2
11	Germán Jiménez	45	27	144000	0.49	69160	2561.5
12	Isabel Oliva	45	16	162000	0.5	78570	4910.6
13	Luis Fweltala	49	15	108000	0.53	55730	3715.3
14	Mayra Benavides	50	10	50400	0.6	12480	1248.0
15	Luis Delgado	51	15	97200	0.58	54990	3666.0
16	Omar Portilla	51	17	97200	0.55	51780	3045.9
17	Roberto Casanova	55	20	72000	0.7	49290	2464.5
18	Alvaro Imbaquingo	54	20	64800	0.81	49340	2467.0
19	Marco Paspuel M	72	21	72000	1.22	82840	3944.8
20	Segundo Pinchao	155	30	324000	0.57	178540	5951.3

21	Rodrigo Imbaquingo	164	150	270000	0.55	143750	958.3
TOTAL					13.4	1264440	83221.1
PROMEDIO					0.67	60211.4	3962.9