



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo,
presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito
previo a la obtención del título de:

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

TEMA:

“Principales acciones en la mitigación del cambio climático derivado
de la producción pecuaria”

AUTORA:

Melany Katherine Andrade Aguiar

TUTOR:

Dr. Juan Carlos Gómez Villalva Msc.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2021

RESUMEN

La producción pecuaria en el transcurso de la historia se convirtió en un medio fundamental para solventar las necesidades alimenticias y sobre todo los requerimientos de proteína animal indispensables para la vida y la evolución de la humanidad, los avances tecnológicos y la demanda creciente de productos derivados de la producción pecuaria y específicamente de los rumiantes que para el caso son los animales que por sus características nutricionales y metabólicas producen gases residuales, los mismos que se convierten en un problema muy grave para la humanidad a partir de los cambios negativos que producen al transformar una condición indispensable para la vida como es el efecto invernadero. Los problemas que devienen de esta situación han determinado un cambio climático que se ha vuelto inmanejable para la humanidad y que provoca tanto pérdidas humanas como económicas. En la actualidad y para beneficio de la humanidad se realizan muchas investigaciones y proyectos que pretenden mitigar el cambio climático derivado de la producción pecuaria a partir de una serie de actividades que pretenden afrontar esta problemática desde una óptica multidisciplinaria y multifactorial que implica desde cambios radicales en los sistemas alimenticios de los rumiantes, hasta la manipulación genética de microorganismos ruminales. Por lo antes detallado y a partir de la necesidad imperiosa de asumir con responsabilidad este problema, el presente trabajo intenta a partir de una investigación bibliográfica poner en contexto la problemática del cambio climático por emisión de gases provenientes de la producción pecuaria y describir las actividades que se realizan con el fin de mitigarlo.

Palabras claves: Efecto invernadero, cambio climático, mitigación, producción pecuaria.

SUMMARY

Livestock production in the course of history became a fundamental means to meet nutritional needs and especially the animal protein requirements essential for the life and evolution of humanity, technological advances and the growing demand for products derived from livestock production and specifically ruminants, which for that matter are animals that, due to their nutritional and metabolic characteristics, produce residual gases, which become a very serious problem for humanity due to the negative changes produced when transforming a An indispensable condition for life such as the greenhouse effect. The problems that result from this situation have determined a climate change that has become unmanageable for humanity and that causes both human and economic losses. At present, and for the benefit of humanity, many investigations and projects are being carried out that aim to mitigate climate change derived from livestock production from a series of activities that aim to face this problem from a multidisciplinary and multifactorial perspective that implies radical changes in ruminant food systems, up to the genetic manipulation of ruminal microorganisms. Based on the above detailed and based on the imperative need to take responsibility for this problem, the present work tries, based on a bibliographic investigation, to put in context the problem of climate change due to the emission of gases from livestock production and describe the activities that are carried out. perform in order to mitigate it.

Keywords: Greenhouse effect, climate change, mitigation, livestock production.

INDICE

Resumen	i
Summary	ii
Introducción	1
CAPITULO I MARCO METODOLÓGICO.....	2
1.1 Definición del tema caso de estudio.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
1.5.1. Intensificación de la ganadería bovina en países en vías de desarrollos: estrategias y avances.	5
1.5.2 Opciones de mitigación.....	6
1.5.2.1 Mitigación de CO ₂	6
1.5.2.2 Mitigación de CH ₄	7
1.5.2.3 Mitigación de N ₂ O y de NH ₃	8
1.5.3 Importancia de la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria.....	10
1.5.4 Estrategias de mitigación	13
1.5.5 Mitigación al cambio climático en sistemas ganaderos	16
1.5.6 Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global	17
1.5.7 Efectos de la dieta en la producción de metano y alternativas para disminuir sus emisiones.....	17
1.6 Hipótesis.....	17

1.7 Metodología de la investigación	18
2.1. Desarrollo del caso	18
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo).....	18
2.3. Soluciones planteadas	19
2.4 Conclusiones	20
2.5 Recomendaciones	20
Bibliografía.....	21

Introducción

El clima del planeta Tierra varía según las épocas y las zonas donde los cambios climáticos observados se extienden generalmente por largos períodos de tiempo. No obstante, en las últimas décadas, estos cambios parecen haberse acelerado de acuerdo a algunos indicadores, como el aumento de la temperatura, por lo tanto, el cambio climático va mucho más allá del calentamiento global y sus consecuencias (Chalup y Bissaro Fava 2019).

Las investigaciones actuales dan cuenta de que el aumento antropogénico de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera está alterando de diversas formas el balance de radiación del sistema superficie-atmósfera del planeta, encargado de mantener el clima y aumentar la temperatura de la tierra, los GEI son aquellos componentes de la atmósfera que absorben la energía del sol y la radiación infrarroja térmica producida por los suelos y el océano, y las vuelve a irradiar a la tierra, efecto natural que hace posible la vida, (Guillen *et al.* 2018).

Se reconoce a escala mundial la importancia que está teniendo la ganadería en el fenómeno del cambio climático (CC), principalmente por su contribución en las emisiones de metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), potentes gases que dan origen al efecto invernadero (Quevedo 2017)

Existen datos que demuestran que el rumiante promedio produce entre 250-500 litros de metano por día a nivel mundial, consecuentemente son responsables de emitir el metano equivalente a 3,1 gigatoneladas de dióxido de carbono a la atmósfera anualmente. Sin embargo, existe en la actualidad una tendencia muy marcada para desarrollar actividades que mitiguen esta condición que sin duda pone en riesgo la estabilidad climática.

Por lo antes mencionado, el presente trabajo aspira analizar estas actividades para encontrar una solución viable para no seguir deteriorando nuestro entorno por la demanda creciente de la producción pecuaria.

CAPITULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1 Definición del tema caso de estudio

La presente investigación trata sobre la temática correspondiente a las principales acciones para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria.

La producción pecuaria desencadena un proceso complejo en la climática del mundo entero y nuestro país no está exento de esta situación, pues una de las actividades económicas más importantes es la ganadería, por esta razón es de suma importancia desarrollar actividades que mitiguen y contrarresten la producción de gases de efecto invernadero inherentes a esta actividad.

1.2 Planteamiento del problema

Las producciones pecuarias son responsables de un elevado porcentaje en el cambio climático, ya que el crecimiento de estas actividades ha aumentado la cantidad de gases en la atmosfera con propiedades para provocar este efecto invernadero impactando negativamente al medio ambiente (Álvarez 2014).

El Ecuador no está al margen de esta situación que impacta de manera negativa tanto en la producción pecuaria, así como en todas las actividades inherentes al desarrollo normal de la humanidad.

Por esta razón es muy importante que tengamos conocimientos actualizados sobre proyectos que se desarrollan con la finalidad de reducir los problemas causados por la producción pecuaria.

1.3 Justificación

El motivo de realizar este estudio es contribuir en la descripción de los trabajos, investigaciones y en general todos los esfuerzos que se están realizando con la finalidad de reducir los efectos adversos que se generan a partir del incremento de la producción pecuaria en el Ecuador y en el mundo, sabiendo que el problema más importante es aquel que se produce por la emisión de gases y la consecuente formación del efecto invernadero.

Es importante anotar que el efecto invernadero es la razón por la que se pudo generar la vida en este planeta, sin embargo el incremento y acumulación excesiva de gases como el CO₂ y el metano distorsionan el comportamiento normal de la naturaleza lo que nos obliga a estudiar y a encontrar soluciones que permitan desarrollar la producción pecuaria de manera progresiva pues es parte fundamental en la seguridad alimentaria de la humanidad, peor tenemos la obligación de conocer y poner en práctica cualquier esfuerzo que se haga para controlar emisiones de gases principalmente de los rumiantes (HLPE 2016).

Consecuentemente, para incrementar las cantidades de carne y leche en zonas tropicales es relevante la intensificación de la ganadería bovina mediante cambios tecnológicos idóneos, además de estrategias que eviten la desaparición de los sistemas tradicionales de economía familiar, mixtos y de pequeña escala. Lo anterior debe realizarse de tal manera que los incrementos productivos no agudicen los deterioros ambientales, la pobreza y los conflictos sociales relacionados con la tenencia de la tierra, el acceso y la distribución de los alimentos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Describir las principales acciones para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria.

1.4.2. Objetivos específicos

- Establecer las alteraciones que causan los gases en el cambio climático derivado de la producción pecuaria
- Determinar las acciones que se desarrollan para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria

1.5. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1. Intensificación de la ganadería bovina en países en vías de desarrollos: estrategias y avances.

La producción ganadera es la actividad humana que ocupa la mayor superficie de tierra; el área total que se dedicada a la producción ganadera es del 70% del área agrícola del planeta y el 30% de toda la superficie terrestre del mismo. Esta actividad, provee aproximadamente el 30% de la proteína para consumo humano en el mundo y contribuye al bienestar de mil trescientos millones de personas, pero al mismo tiempo, impacta negativamente en todas las esferas del medioambiente: aire, suelo, agua y biodiversidad; influyendo en el CC (Guillen *et al.* 2018).

Parra (2019) citando a Mcdermott *et al.* (2010) indica que en las zonas tropicales del mundo se encuentran ubicados la mayor parte de los países en vías de desarrollo y coexisten los sistemas de producción ganadera extensivos, de subsistencia e industriales.

Así mismo, el ganado bovino cumple con diversas funciones socioculturales y productivas en las zonas tropicales entre las que se destacan el abastecimiento de alimentos, el aprovisionamiento de fuerza para la tracción en el cultivo de la tierra o como medio de transporte, el suministro de excretas que sirven de abono, combustible o material para construcción, así como objeto de ahorro e inversión para los pequeños productores (HLPE 2016), las tendencias económicas presentes y futuras posicionan a los países en vías de desarrollo en zonas tropicales, como despensas de alimento para la creciente población mundial.

Además de las pérdidas ambientales, la intensificación de los sistemas ganaderos ha implicado el uso de un número limitado de razas altamente productivas, marginando a su vez los sistemas tradicionales basados en recursos zoogenéticos locales, así como causando la pérdida de diversidad genética en los agroecosistemas. En el caso particular de los bovinos

disponibles de origen local, éstos se han cruzado con otros de origen exótico, ocasionando erosión genética, reducción de las poblaciones originales y, en casos extremos, la extinción de razas (Núñez-Domínguez *et al.* 2016).

Sin embargo, alcanzar la intensificación sostenible de los sistemas ganaderos es posible mediante la mejora de las prácticas de alimentación, así como a la implementación de planes de mejoramiento genético de razas locales y programas de cruzamiento de estas razas con otras de tipo comercial (Gerber *et al.* 2013).

Al respecto, un buen ejemplo son los resultados obtenidos de la última década en Brasil, donde la intensificación de sus sistemas pastorales ha sido posible gracias al cultivo eficiente de pastos y la adopción de tecnologías idóneas; señalando la ruta que debe seguir la ganadería bovina en zonas tropicales. Por lo tanto, un reto importante para los sistemas de producción bovina es el de fomentar la seguridad alimentaria a partir de recursos locales, con el fin de contribuir a la oferta de carne y leche y a la mitigación de los deterioros ambientales asociados a la cría de ganados (Scholten *et al.*, 2013).

1.5.2 Opciones de mitigación

Existen múltiples y efectivas opciones de mitigación, pero ir más allá del estado actual requiere de un fuerte compromiso de política pública. El reto mayor es que las opciones no son neutrales en costo y que los productores más pobres, los que apenas obtienen un sustento marginal de los sistemas extensivos, que son los que generan la mayor parte de las emisiones, carecen de fondos para invertir en cambios (Pérez Espejo 2008).

1.5.2.1 Mitigación de CO2

Reducción de la deforestación intensificando la agricultura; Restauración de la materia orgánica en suelos mediante diversas técnicas: agricultura orgánica, labranza de conservación, etc. Reversión de la pérdida de carbono

orgánico en suelos con pastizales degradados; Secuestro de carbono por agroforestería (Pérez Espejo 2008).

1.5.2.2 Mitigación de CH₄

De acuerdo Pérez Espejo (2008)

- a. Alimentos que sean más eficientes con la finalidad de reducir la fermentación a nivel entérico.
- b. Manejar de manera más eficiente las excretas en los sistemas intensivos y donde se produce biogás.

El metano (CH₄) es un producto final de la fermentación que sufren los alimentos en el rumen, que en términos de energía constituye una pérdida y en términos ambientales contribuye al calentamiento y al cambio climático global. La investigación en nutrición animal se ha enfocado en su mayor parte a encontrar métodos para reducir las emisiones de CH₄ debido a la ineficiencia energética que ocurre en el rumen, y no por el rol del CH₄ en el calentamiento global. Sin embargo, recientemente se ha prestado más atención a su contribución potencial al cambio climático (Johnson y Johnson 1995).

Según Boadi *et al.* (2004) en los rumiantes cuando se produce CH₄ se debe influencia de factores como composición de la dieta, consumo de alimento, digestibilidad del alimento, y, también al procesamiento previo del alimento como a la frecuencia de alimentación. Como estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ se ha propuesto: aumentar el número de animales no rumiantes, manipulación genéticamente microorganismos ruminales metanogénicos, reducir el número de animales rumiantes, desarrollo de razas menos metanogénicas y manipular los aspectos dietético–nutricionales; esta última parece ser la que ofrece mayor potencial en términos de simplicidad y factibilidad.

Bonilla Cárdenas y Lemus Flores (2012) define que para suprimir la metanogénesis se debería manipular el aspecto nutricional incluyendo el uso de forrajes de alta calidad, aumentar la proporción de granos en la dieta, usar aditivos (ácidos orgánicos, compuestos químicos, ionóforos, probióticos), enriquecer las dietas con adición de acetógenos, de bacteriocinasas, ácidos grasos insaturados, de virus vs Archaea, y de extractos vegetales (aceites esenciales), modificar las prácticas de alimentación y suplementación a dietas basadas en pajas. Estas prácticas de alimentación reducen las emisiones de CH₄ al modificar el proceso de fermentación ruminal, esto inhibe directamente los metanogénicos y protozoarios, o desviar los iones hidrógeno de los metanogénicos.

1.5.2.3 Mitigación de N₂O y de NH₃

Cuando se reduce el N contenido en las excretas con mayor eficiencia, en la asimilación animal del N y manejando mejor las excretas. Una gran parte del reto de reducir las emisiones de N₂O (óxido nitroso) y de NH₃ (amoníaco) recae en los agricultores (Pérez Espejo 2008).

Entre las estrategias de mitigación del Calentamiento Global, se incluyen técnicas agropecuarias amigables con el ambiente, como la producción orgánica (El-Hage Scialabba y Müller-Lindenlauf, 2010), también llamada agricultura ecológica, biológica (Martínez, 2008), biodinámica o autosustentable (Trápaga y Torres, 1994), así como la producción sustentable, la asociación de cultivos evitando el monocultivo, la regulación del pastoreo y el tratamiento de aguas residuales (purines) y fertilizantes, entre otras.

Gómez *et al.* (2019) citando a Naranjo *et al.* (2012) reportaron un análisis en diferentes tipos de pasturas, obteniendo que las pérdidas por degradación y malos manejos pueden llegar a representar 1.5 toneladas CO₂ eq/ha/año, por lo tanto, para poder garantizar la fijación de CO₂ en sistemas ganaderos, es necesario mejorar las prácticas de manejo, mantener productivo el sistema y diseñar estrategias de dirección que permitan conservarlo, como en los Sistemas Silvopastoriles.

La contribución del cambio de uso de la tierra a mayores emisiones de dióxido de carbono ha despertado recientemente la atención de investigadores y decisiones de política.

La deforestación y sus vínculos con la ganadería extensiva vuelve a ser un punto crítico desde la perspectiva del cambio clima, relación negativa que ya es aceptada también con la pérdida de biodiversidad (Mora *et al.* 2019).

Naranjo *et al.* (2012) plantea que, por ejemplo, si en las cuentas nacionales de Brasil se incluye el análisis de las emisiones por deforestación, el balance deja de ser positivo y el país pasa a ser emisor importante en el contexto global (CBO 2012). Buena parte de las áreas deforestadas en Brasil pasan a ser pastizales para ganado. Lo mismo sucede en Colombia donde el 55% de las casi 300,000 ha deforestadas por año en el último quinquenio pasan a pasturas.

En este contexto una de las estrategias más recomendadas para mitigar las emisiones es incrementar el tamaño del sumidero de carbono terrestre más estable, lo que implica conservar los bosques y ampliar las áreas forestadas puras o asociadas con agricultura y ganadería. Escalar los sistemas silvopastoriles hacia una multiplicación masiva es un camino cada vez más interesante (Pérez Espejo 2008).

Al degradarse las pasturas no sólo implica importantes aportes desde el punto de vista productivo y económico, sino también ecológico, pues obtenemos como resultado una mayor intensidad de emisión de CH₄, reducción en la captura de carbono, pérdida de biodiversidad, erosión y compactación de suelos (Cambio climático: una visión desde México 2005)

El problema de la degradación de pasturas lo enfrenta la ganadería en muchas regiones, pues se cree que un 50 - 80% de las áreas en pasturas presentarían algún grado de degradación (Szott *et al.* 2000; Días - Filho 2007), y esto no es exclusivo a las pasturas sembradas, sino también en los pastizales naturales y naturalizados. Es más, cuando se trata de pasturas mejoradas a

menudo se puede aceptar como un fenómeno natural que se deben degradar de 5 a 7 años después de haber sido establecidos (Holmann et al. 2004). El problema de la degradación de pasturas se agudiza cada año (Pezo *et al.* 1999), en el caso de América Central se estima al menos que la tasa anual de degradación de las pasturas sembradas podría superar a la de renovación de pasturas ampliamente (12 vs.5 % año⁻¹, respectivamente).

La producción pecuaria es una actividad económica para muchos pequeños y medianos productores, los cuales deben de tener conocimiento de que el cambio climático proviene de los gases de efecto invernadero.

El objetivo de esta revisión es compilar y difundir información sobre la emisión de CH₄ por los rumiantes, sus posibles efectos en el calentamiento y en el cambio climático global, así como las alternativas existentes para su mitigación.

1.5.3 Importancia de la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria.

La reducción de la vulnerabilidad, es decir, la atenuación de los daños potenciales es impostergable, porque dadas las condiciones actuales de la humanidad y su estilo de vida es imposible pensar en terminar con este proceso nefasto que tiene una incidencia muy grave tanto sobre la vida como en los bienes causados por eventos geológicos, como un sismo o tsunami; hidrológicos, como una inundación o sequía; o sanitarios (Zamora 2018).

Cambio climático: una visión desde México (2005) argumenta que los aumentos en la concentración de los llamados gases de efecto invernadero reducen la eficiencia con la cual la Tierra reemite la energía recibida al espacio. Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es a la superficie por la presencia de esos gases. Así, la temperatura de superficie se elevará para emitir más energía, y aunque parte de ella quede “atrapada”, suficiente energía saldrá al espacio para alcanzar el balance radiactivo que

mantiene relativamente estable el clima. Es claro, si las concentraciones de gases de efecto invernadero continúan aumentando, la temperatura de superficie del planeta mantendrá una tendencia positiva. Aun si las emisiones de estos gases se estabilizan, los efectos del calentamiento perdurarán mucho tiempo, pues los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmósfera.

La atmósfera se ve afectada por el fenómeno de la ganadería como describen (Faverin *et al.* 2019).

La agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera. El aumento de las concentraciones de estos gases provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. Dentro de la gama de gases a los que se les atribuye efecto invernadero, se considera el CO₂ el más abundante y el que actualmente tiene un mayor aporte al incremento del calentamiento global. Hoy día las concentraciones de metano son inferiores a las de CO₂, sin embargo, el primero, se está incrementando rápidamente y además posee un efecto 21-30 veces más contaminante con respecto al CO₂, considerándose que en el tiempo el metano pueda ser predominante. Las tasas de acumulación de metano y dióxido de carbono en la atmósfera han cambiado drásticamente en los últimos años presentándose un incremento de forma exponencial. Cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales. A esta tasa se espera que el metano cause cerca del 15-17% del calentamiento global. Actualmente se tienen definidas las fuentes de metano causantes de este efecto (Véase Tabla 1), pero el grado de incidencia y la proporción exacta de muchas de estas fuentes no son claras.

Tabla 1. Estimativos de las principales fuentes naturales y antropogénicas de Metano a nivel global (millones de Ton/año)

Natural		Energía/desechos		Agricultura	
Pantanos	115	Gas y petróleo	50	Cultivos de arroz	60
Océanos	15	Carbón mineral	40	Animales domésticos	80
Termitas	20	Carbón vegetal	10	Abonos orgánicos	10
Combustión	10	Rellenos sanitarios	30	Combustión	5
		Aguas residuales	25		
Total	160		155		155

Fuente: Johnson y Johnson

Johnson y Johnson (2005) nos dicen que el gas metano emitido por el ganado bovino se lo estima en 58 millones de toneladas/año, lo que representa el 73% del total de emisiones (80 millones) de todas las especies domésticas.

McCaughey *et al.* (1999) citado por Ramos *et al.* (2019) nos dicen que principalmente el ganado bovino es responsable de aproximadamente el 15% de la producción de gas metano a nivel global. Otros contribuyentes significativos son los pantanos naturales (21%), los cultivos de arroz (20%), pérdidas por combustión de hidrocarburos (14%), combustión de biomasa (10%) y rellenos sanitarios (7%).

Las características de la dieta tienen un gran efecto en la producción de gas metano a nivel global, de ahí que países con pocas limitaciones alimentarias para sus ganados, reportan datos de menores emisiones de gas metano y mayores eficiencias energéticas. (Cardona *et al.* 1995), corrobora lo anterior al mencionar que, en los países en vía de desarrollo, las emisiones son aproximadamente de 55 kg CH₄/año por animal, en contraste a lo reportado en países desarrollados, de 35 kg CH₄/año por animal. Según (González y Rodríguez 2010), la proyección de emisiones de metano, a partir de actividades en el sector pecuario para el 2010, representaban el 70% de la participación de los gases de efecto invernadero (GEI). Siendo un 95% de este total, las emisiones digestivas del ganado de leche.

Además, “el cambio climático se manifiesta con prolongadas precipitaciones, aumento de la temperatura, períodos largos de sequía, cambio de dirección de los vientos, deshielo en los polos, cambios en las migraciones de los animales, tormentas, ciclones, maremotos y aumento del nivel del mar” (Díaz Cordero, 2012).

1.5.4 Estrategias de mitigación

La mitigación de los GEI en la ganadería se circunscribe a la identificación de las fuentes de emisión en los sistemas de producción. Las estrategias o actividades para mitigarlo podrían orientarse a disminuir la producción de los GEI en un caso, o aumentar los mecanismos de captura (fuentes sumidero) de los compuestos críticos que promueven la formación de GEI en el otro caso. En las unidades de explotación, Las estrategias de mitigación podrían encaminarse en las siguientes áreas:

- a) Con los animales y sus alimentos; prácticas en el manejo nutricional y alimenticio, modificación en el espacio ruminal, mejoramiento genético y reproductivo.
- b) Mejorando y manejando adecuadamente la pradera y las fuentes alimenticias, mejorar el sistema de manejo, manejo de la salud animal, y manejo de excretas.

El énfasis se ha puesto en las estrategias de mitigación relacionadas con el primer inciso, en especial sobre las modificaciones en la alimentación, la fermentación entérica, el manejo del estiércol y deshechos (Gerber *et al.*, 2013). Estos aspectos se abordarán en este documento, debido a que del 40 al 60 % del total de los GEI de la ganadería provienen de la fermentación entérica, el manejo del estiércol y las diferentes actividades relacionadas con la obtención de alimento para los animales (Sejian *et al.*, 2015). Idealmente las estrategias de mitigación se encaminan a disminuir la producción de CH₄, sin alterar la producción animal y mejorando la eficiencia de conversión del alimento.

Ramírez *et al.*, (2014) en su investigación detallan que la producción ruminal de metano resulta siempre en la conversión ineficiente de la energía contenida en el alimento, lo que se resume en la menor retención de la misma por parte de los rumiantes, calculan que producción de CH₄ en vacas lecheras se encuentra entre 40 kg/animal/año, en África y Medio Oriente, y de 121 kg/animal/año en América del norte, las cuales contribuyen de manera significativa al calentamiento global, lo cual resumen que al mejorar la eficiencia digestiva mejora el desempeño animal, al tiempo que reduce el impacto ambiental por parte de la producción ganadera.

Soto (2015) mediante sus investigaciones detalla que los carbohidratos estructurales (celulosa, hemicelulosa) son fermentados a un ritmo menor que los no estructurales (almidón, azúcares), por ende, el autor detalla que es ampliamente aceptado que las dietas basadas en granos reducen las emisiones de metano por unidad de materia seca consumida, en comparación con las dietas forrajeras, y esta razón la da por tres motivos:

- a) aumento en la producción de propionato, reduciendo el sustrato disponible para la metanogénesis;
- b) disminución del pH ruminal con la consecuente inhibición del crecimiento de metanógenos en el rumen;
- c) disminución del número de protozoarios debido al incremento de la tasa de pasaje.

Navarro *et al.*, (2016) mediante su investigación determinaron de manera general que la composición química del ensilaje consumido por el ganado puede influir en los patrones de fermentación microbiana del rumen y las emisiones de metano, evaluaron el efecto del ensilaje sobre la producción de metano en rumen *in vitro* del ryegrass perenne y relacionaron las características de fermentación de ensilaje a partir de ensilajes de pasto con metanogénesis de rumen *in vitro*, para lo cual utilizaron tres tratamientos de acondicionamiento de forraje antes de la cosecha y siete tratamientos con aditivos de ensilaje en un experimento de silo a escala de laboratorio para producir una diversidad de características de fermentación de ensilaje. El

ensilaje redujo la producción de CH₄ en el rumen in vitro (ml/g de MS degradada) y la fermentación acética ($p < 0,05$), aumentando la producción de ácido propiónico, este fenómeno pudo explicarse por la transformación de los carbohidratos solubles del forraje en ácido láctico durante el proceso de ensilaje, lo cual favorece la producción de ácido propiónico en una ruta no metanogénica que consume H₂.

Zhou *et al.*, (2017) tuvieron como objetivo el comprender los metanógenos ruminales como esenciales para la mitigación de gases de efecto invernadero, así como para mejorar el rendimiento animal en la industria ganadera, ya que se ha especulado que la diversidad ruminal metanogénica afecta de manera directa la eficiencia de alimentación del huésped y produce diferencias en la producción de CH₄, para lo cual analizaron los perfiles metanogénicos en el rumen utilizando análisis de electroforesis en gel de gradiente desnaturalizante por PCR (PCR-DGGE) independiente del cultivo, el cual se procesó en 56 bovinos de carne que diferían en la eficiencia alimenticia, así como en la dieta (el ganado fue alimentado con una dieta baja en energía y una dieta de alta energía); los perfiles metanogénicos de PCR-DGGE detectados se vieron muy afectados por la dieta, y el patrón principal cambió de una comunidad que contiene predominantemente *Methanobrevibacter ruminantium* NT7 con la dieta de baja energía a una comunidad que contiene predominantemente *Methanobrevibacter smithii*, *Methanobrevibacter* sp. AbM4 y / o *M. ruminantium* NT7 con la dieta de alta energía, la abundancia de metanógenos totales se estimó determinando el número de copias de los genes 16S rRNA de metanógenos. Sin embargo, el tamaño de la población de metanógenos no se correlacionó con las diferencias en la eficiencia alimenticia, la dieta o las mediciones metabólicas; por lo tanto, la estructura de la comunidad metanogénica a nivel de especie o cepa puede ser más importante para determinar la eficiencia de alimentación del huésped en diferentes condiciones dietéticas ruminales.

Patra (2019) en su artículo de revisión bibliográfica detalla que los aceites esenciales de las plantas tienen propiedades antimicrobianas, lo cual es efectivo también sobre un número considerable de microbios ruminales y en los

últimos años los especialistas microbiólogos y nutricionistas, han puesto suma importancia en el uso de éstas sustancias como aditivos en la alimentación animal, que aunque han sido utilizados en el performance ruminal en la producción de ácidos grasos volátiles, metabolismo de las proteínas e inhibición de la metanogénesis; muchos estudios de éstos aceites esenciales obtenidos a partir de un sin número de plantas, no han sido del todo concluyentes por lo tanto el investigador detalla que es importante valorar la dosis, estructura químico de los compuestos, fisiología del animal y el tipo de dieta; por lo cual la adaptación de los microorganismos ruminales al efecto de los aceites esenciales sigue siendo de poco estudio, sin muchos detalles sobre el mecanismo ruminal que puede producir; por lo cual considera que los componentes de los AE pueden ser considerados a futuro como excelentes aditivos en la nutrición de los rumiantes.

1.5.5 Mitigación al cambio climático en sistemas ganaderos

La búsqueda de estrategias para mitigar el efecto del cambio climático ha comenzado a cobrar relevancia a nivel mundial. Existe un amplio abanico de oportunidades tecnológicas basadas en la agroforestería, agroecología, y opciones de buenas prácticas ganaderas (BPG) (Murgueitio *et al.* 2013; Palmer, 2014) que se traducen en ganadería con manejo orgánico o en proceso de transición a ésta. En el contexto de la ganadería extensiva, el aprovechamiento de la diversidad arbórea y arbustiva local es una oportunidad de fácil acceso a los productores, debido a los múltiples usos y servicios ambientales que ofrece este recurso. Existen especies arbóreas nativas que cumplen funciones múltiples, tales como la producción de madera, leña, forraje, alimento, medicina tradicional y dan servicios como sombra, fertilización del suelo, y sirven de corredores biológicos al ser cultivadas en sistemas agroforestales para mitigar los efectos del cambio climático.

1.5.6 Alternativas nutricionales para disminuir emisiones de gas metano por bovinos y su efecto en el calentamiento global

La interacción entre los factores de producción animal y el impacto ambiental causado por las diversas actividades ganaderas han sido asociadas con cambios climáticos. Los rumiantes debido a su proceso digestivo de fermentación entérica son reconocidos como importante fuente de emisión de metano a la atmosfera. La producción de este gas varía en función de la alimentación reflejando ineficiencias en la producción animal. Así, los productos de la fermentación ruminal (CH₄ y AGCC) producidos por el microbiota ruminal podrían maximizar la asimilación de nutrientes y la disminución de las emisiones de metano en bovinos (Martin *et al.* 2017).

1.5.7 Efectos de la dieta en la producción de metano y alternativas para disminuir sus emisiones

Existen evidencias que demuestran que la tasa de emisiones de metano por concepto de la fermentación entérica está relacionada con el tipo de alimentación consumida. Se señala también que las características químicas y físicas del alimento influyen directamente en su emisión. Por lo tanto, una subnutrición puede contribuir con el incremento de los niveles de emisión de metano (Montenegro J, Abarca S. 2000)

1.6 Hipótesis

Ho= Existen acciones para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria

Ha= No existen acciones para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria

1.7 Metodología de la investigación

La metodología que se utilizó para el trabajo documental fue de carácter analítico, descriptivo y explicativo, las fuentes de información son de bases de datos en revistas indexadas, obtenida de Dspace de las universidades, libros, bibliografías de Google académico, artículos científicos, libros, tesis, manuales.

CAPÍTULO II RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

La investigación se desarrolló con la intención de revisar y analizar bibliografía sobre las principales acciones que se desarrollan en la actualidad para la mitigación del cambio climático derivado de la producción pecuaria, sabiendo que se ha exacerbado el efecto invernadero por la emisión de gases de procedencia pecuaria entre muchas otras actividades como la industria, la tecnología, la modernidad y el consumo que la humanidad provoca. Sin embargo, existen alternativas para reducir en gran medida estos efectos negativos de la evolución y desarrollo vertiginoso de la humanidad, existen varias alternativas y proyectos que se han puesto en marcha desde hace algunos años y otros que todavía están atravesando la fase investigativa, todos ofrecen reducir e incluso terminar con las emisiones, no solo las provocadas por la actividad pecuaria sino por todas las actividades realizadas por la humanidad.

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

Gómez et al. (2019) en estudios realizados sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva, mostraron que los resultados en cada uno de los paisajes ganaderos analizados (Colombia, Costa Rica y

Guatemala) las pasturas degradadas no están aportando significativamente al secuestro de carbono e incluso podrían estar emitiendo carbono a la atmósfera, mientras que las pasturas mejoradas con árboles son usos de la tierra con mayor potencial para el secuestro de carbono que las pasturas degradadas, lo que concuerda con nuestro estudio y se recomienda como una estrategia de mitigación para los gases de efecto invernadero.

El aumento descontrolado de emisiones de gases que exacerbaban una condición planetaria como el calentamiento global que en los inicios de la vida en el planeta sirvieron como precursor fundamental de la misma, ahora se ha convertido en un factor que pone en riesgo la estabilidad climática y el descontrol del equilibrio biológico de los ecosistemas globales.

Es importante anotar que hay una gran cantidad de instituciones públicas y privadas, investigadores, agencias estatales entre muchas otras alrededor del mundo que están empeñadas en encontrar soluciones paliativas, así como definitivas para controlar y si es el caso detener el inexorable avance del efecto invernadero que sin duda pone en riesgo la sobrevivencia de la humanidad en la tierra (Zamora 2018).

2.3. Soluciones planteadas

Es indispensable motivar a la humanidad entera para que colabore decididamente generando proyectos que coadyuven con la desaceleración y si es posible la finalización de actividades que contribuyan con el calentamiento global, desde las más elementales como el uso racional de vehículos de combustión interna, el manejo adecuado de gases de deshecho en fábricas e industrias contaminantes, el control de los sistemas de alimentación a los rumiantes por parte de los ganaderos y agropecuarios que son los principales actores en el tema de investigación, hasta los más avanzados y sofisticados sistemas de producción que son los principales productores de gases residuales.

2.4 Conclusiones

Investigaciones dan cuenta que no solo el gas metano procedente del metabolismo ruminal de los rumiantes genera problemas de gases residuales precursores del problema climático por descontrol del efecto invernadero, sin embargo, es uno de los que más incidencia tienen en este fenómeno.

Existen proyectos y estudios que pretenden mitigar la exacerbación del efecto invernadero a partir de estudios que incluyen cambios en la dieta alimenticia de los rumiantes.

2.5 Recomendaciones

Promover el estudio e investigaciones de nuevos proyectos que contribuyan con la mitigación de un problema como el efecto invernadero que tiene una incidencia dramática en la actividad climática del planeta.

Se estudian e investigan una serie de posibilidades como el cambio de dieta para rumiantes que contribuye de manera importante en la reducción de emisiones, es un deber moral de las personas involucradas en la actividad pecuaria, como productores, universidades, docentes y estudiantes de carreras afines, institutos de investigación, empresas, etc., aportar con recursos económicos e intelectuales para mitigar de manera decidida este problema.

Es indispensable motivar a los productores pecuarios para que colaboren decididamente generando proyectos que coadyuven con la desaceleración y si es posible la finalización de actividades que contribuyan con el calentamiento global, desde las más elementales como el uso racional de vehículos de combustión interna, el manejo adecuado de gases de deshecho en fábricas e industrias contaminantes, el control de los sistemas de alimentación a los rumiantes por parte de los ganaderos y agropecuarios que son los principales actores en el tema de investigación, hasta los más avanzados y sofisticados sistemas de producción que son los principales productores de gases residuales

Bibliografía

- Álvarez, A. 2014. El cambio climático y la producción animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48(1):7-10.
- Arcos Dorado, JC. 2016. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con leucaena (*Lecucaena leucocephala*) en la hacienda «el Chaco», Tolima - Colombia (en línea) (En accepted: 2017-07-04t22:06:49z). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <http://repository.ut.edu.co/handle/001/1691>.
- Boadi, D; Benchaar, C; Chiquette, J; Massé, D. 2004. Mitigation strategies to reduce enteric methane emissions from dairy cows: Update review. *Canadian Journal of Animal Science* 84(3):319-335.
- Bonilla Cárdenas, JA; Lemus Flores, C. 2012. Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 3(2):215-246.
- Camero R, A; Ibrahim, MA; Beer, J; Pezo Quevedo, D. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central (en línea) (En accepted: 2014-10-18t02:27:49z). Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://repositorio.catie.ac.cr/xmlui/handle/11554/3252>.
- Carmona, JC. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. 18:16.
- Chalup, MM; Bissaro Fava, DE. 2019. Problemática jurídica de la producción ganadera sustentable como forma de mitigar el cambio climático. .
- Criollo recursos.pdf. s. f. s.l., s.e. Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <http://www.ciap.org.ar/Sitio/Archivos/criollo%20recursos.pdf>.
- Dias - Filho, MB. 2007. Degradación de pastagens: procesos, causas y estrategias de recuperación. Belem, Brasil, Embrapa Amazônia Oriental. 190 p.
- Faverin, C; Bilotto, F; Fernández Rosso, C; Machado, C; Faverin, C; Bilotto, F; Fernández Rosso, C; Machado, C. 2019. MODELACIÓN PRODUCTIVA, ECONÓMICA Y DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE SISTEMAS TÍPICOS DE CRÍA BOVINA DE LA PAMPA DEPRIMIDA. *Chilean journal of agricultural & animal sciences* 35(1):14-25. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0719-38902019005000102>.
- Gerber, PJ; Steinfeld, H; Henderson, B; Mottet, A; Opio, C; Dijkman, J; Falcucci, A; Tempio, G. 2013. Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. (en línea). Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities. . Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133417883>.

- Gómez Villalva, J., Cobos Mora, F., & Hasang Moran, E. (2019). SOSTENIBILIDAD DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE GANADERÍA EXTENSIVA. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia E Investigación*. ISSN 2528-8083, 4(CIEIS2019), 180 - 195. Recuperado a partir de <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/sr/article/view/798>
- González F, Rodríguez H. Proyecciones de las emisiones de gases de efecto de invernadero (GEI) Colombia 1998-2010. *Rev Acad Colomb Cienc*, 1999; 23 (89): 497-505
- Guillen, MEB; Daza, LAO; Solarte, WN. 2018. Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. *Boletín Científico. Centro de Museos* 22(1):33.
- Holmann, F; Argel, P; Rivas, L; Blanco, D; Estrada, R; Burgos, C; Pérez, E; Ramírez, G; Medina, A. 2004. Vale la pena recuperar pasturas degradadas. Una evaluación de los beneficios y costos desde la perspectiva de los productores y extensionistas pecuarios en Honduras. Cali, Colombia, CIAT. 34 pag. (Documento de Trabajo)
- HLPE. 2016. HLPE Informe #10 - Desarrollo agrícola sostenible para la seguridad alimentaria y la nutrición: ¿qué función desempeña la ganadería? 2019:156.
- Johnson, KA; Johnson, DE. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science* 73(8):2483-2492. DOI: <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>.
- Kinsman R, Sauer FD, Jackson HA, Wolynetz, MS. Methane and carbon dioxide emissions from cows in full lactation monitored over a six-month period. *J Dairy Sci*, 1995; 78(12): 2760-2766
- Martínez, J; Fernández Bremauntz, A; Osnaya, P; Mexiko. eds. 2005. Cambio climático: una visión desde México. Primera reimpression. México, D.F, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología. 525 p.
- Montenegro J, Abarca S. Fijación de carbono, emisión de metano y de óxido nítrico en sistemas de producción bovina en Costa Rica. En: *Intensificación de la ganadería en Centroamérica: beneficios económicos y ambientales*. CATIE- FAO - SIDE. Ed Nuestra Tierra. 2000. 334 p
- Mora, FC; Morán, ESH; Villalva, JCG. 2019. Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación* 4(Extra 1):180-195.

- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A and Solorio B 2011 Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261:1654-1663
- McCaughey, M., Wittenberg, K., y Corrigan, D. (1999). Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Can J An Sc*, 221-226.
- Naranjo, JF; Cuartas, CA; Murgueitio, E. 2012. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. :17.
- Organic agriculture and climate change | Renewable Agriculture and Food Systems | Cambridge Core. s. f. . Consultado 18 sep. 2021. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/renewable-agriculture-and-food-systems/article/organic-agriculture-and-climate-change/74A590FA3F35A79A858336CF341F416C>.
- Parra-Cortés, R; Magaña-Magaña, MA; Piñeiro-Vázquez, A. 2019. Intensificación sostenible de la ganadería bovina tropical basada en recursos locales: alternativa de mitigación ambiental para América Latina. *Revisión Bibliográfica. Información técnica económica agraria*. DOI: <https://doi.org/10.12706/itea.2019.003>.
- Patra A, Saxena J (2010) A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* 71: 1198-1222.
- Pérez Espejo, R. 2008. El lado oscuro de la ganadería. *Problemas del desarrollo* 39(154):217-227.
- Pezo, D; Ibrahim, M; Cerveza, J; Camero, L. 1999. Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central. Serie técnica, Informe técnico N° 311. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 47 p
- Pezo, D. 2019. Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte. s.l., Inter-American Development Bank. 85 p.
- Quevedo, DP. 2017. Tecnologías forrajeras para la intensificación de la ganadería en el contexto del cambio climático. :8.
- Szott, L. 2000. La resaca de la conexión de la hamburguesa: ganado, degradación de las tierras de pastoreo y tierras alternativas uso en Centroamérica. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 133 p. (Serie Técnica, Informe Técnico No. 313)

Ramos Ramos Jaime Oswaldo. 2019 - Condiciones de Alimentación en Ganado Bovino para Disminuir las Emisiones de Metano en el Contexto Nariñense. Tesis Maestría. Consultado 19 sep. 2021. Disponible en <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/25168/.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zamora, HDZ. 2013. ALTERNATIVAS PARA MITIGAR EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN FINCAS GANADERAS LECHERAS ANDINAS DEL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. :106.

Zhu L, Dai JL, Yang L Qiu J (2013) In vitro ovicidal and larvicidal activity of the essential oil of *Artemisia lancea* against *Haemonchus contortus* (Strongylida). *Vet. Parasitol.* 195: 112-117.