



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



TRABAJO DE TITULACIÓN

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

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

TEMA:

“Rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero”.

AUTORA:

Diana Carolina Yunga Alava

TUTOR:

Dr. Juan Gómez Villalva, Ph.D.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2022

RESUMEN

El presente documento trata sobre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero. La producción de metano (CH₄) por los rumiantes se deriva de manera natural del proceso digestivo en estos, pero constituye una pérdida de energía y contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que ha aumentado el número de investigaciones a fin de reducir la metanogénesis ruminal. Por las conclusiones se determina que existe una gran cantidad de factores que afectan la producción de metano en los rumiantes, por lo que las estrategias para su mitigación deben ser integrales y cuidadosamente diseñadas a cualquier nivel de planeación; para mitigar las emisiones de metano de la agricultura, y específicamente de la ganadería, la búsqueda de alternativas para reducir la producción de metano por los rumiantes, debería ser una actividad concomitante a toda investigación y aplicación tecnológica en el área de la nutrición animal, lo cual puede contribuir a reducir las emisiones de GEI; las acciones de mitigación de las emisiones de metano por los rumiantes sólo son una parte de la amplia gama de acciones a realizar de manera inmediata para atenuar y frenar el efecto del calentamiento y el cambio climático global y la dieta que reciben los rumiantes tiene una gran influencia en la cantidad de metano producido y las dietas forrajeras suelen generar más metano que las dietas concentradas. La asociación de prácticas que potencien la formación de ácido propiónico (aumento del nivel de ingestión y del porcentaje de concentrado de la dieta, mejora de la calidad del forraje, inclusión de subproductos con alto contenido en grasa insaturada, etc.) con una reducción del aporte de proteína degradable en la dieta puede reducir la producción de metano y mejorar simultáneamente la eficacia energética (debido al carácter glucogénico del propiónico) y proteica.

Palabras claves: rumiantes, gases, efecto invernadero, metano.

SUMMARY

This document deals with ruminants and greenhouse gas emissions. The production of methane (CH₄) by ruminants is derived naturally from the digestive process in them, but it constitutes a loss of energy and contributes to greenhouse gas (GHG) emissions, which is why the number of investigations has increased in order to reduce ruminal methanogenesis. Based on the conclusions, it is determined that there are a large number of factors that affect methane production in ruminants, so the strategies for its mitigation must be comprehensive and carefully designed at any planning level; To mitigate methane emissions from agriculture, and specifically from livestock, the search for alternatives to reduce methane production by ruminants should be a concomitant activity to all research and technological application in the area of animal nutrition, which which can contribute to reducing GHG emissions; The actions to mitigate methane emissions by ruminants are only part of the wide range of actions to be taken immediately to mitigate and curb the effect of global warming and climate change, and the diet that ruminants receive has a great influence on the amount of methane produced and forage diets tend to generate more methane than concentrated diets. The association of practices that enhance the formation of propionic acid (increased intake level and percentage of concentrate in the diet, improved forage quality, inclusion of by-products with a high content of unsaturated fat, etc.) with a reduction in provision of degradable protein in the diet can reduce methane production and simultaneously improve energy efficiency (due to the glycogenic nature of propionic acid) and protein.

Keywords: ruminants, gases, greenhouse effect, methane.

CONTENIDO

RESUMEN	ii
SUMMARY	iii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
MARCO METODOLÓGICO	3
1.1. Definición del tema caso de estudio	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.5. Fundamentación teórica	4
1.5.1. Emisión de gases	4
1.5.2. Relación entre rumiantes y emisión de gases	8
1.6. Hipótesis	18
1.7. Metodología de la investigación	18
CAPÍTULO II	19
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
2.1. Desarrollo del caso	19
2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)	19
2.3. Soluciones planteadas	20
2.4. Conclusiones	20
2.5. Recomendaciones	21
BIBLIOGRAFÍA	22

INTRODUCCIÓN

Las actividades agrícolas y ganaderas contribuyen directamente a la emisión de gases de efecto invernadero, la mayor parte de estas emisiones es ocasionada por la ganadería que, después del sector energético, es la actividad más comprometida; este sector aporta el 35 % de las emisiones totales de los países, lo que obliga a conocer la influencia y comprometerse más en la defensa de nuestro planeta (Berra y Finster 2002).

La radiación solar es el combustible que pone en movimiento la máquina atmosférica y junto con la concentración atmosférica de algunos gases variables que ejercen un efecto invernadero (gases traza con actividad radiactiva), de las nubes y de los aerosoles, son los factores forzantes del clima de mayor trascendencia. Estos agentes radiactivos varían tanto de forma natural como por la actividad humana, produciendo alteraciones en el clima del planeta (Ballesteros y Aristizabal 2017).

En los últimos años se ha producido un considerable debate y una creciente preocupación en torno al incremento de las emisiones de gases con efecto invernadero, como resultado de la actividad humana en general, y de la ganadería en particular. Entre los sistemas de producción ganadera más implicados en estas emisiones se encuentran los rumiantes tanto para la producción de leche como para la producción de carne (De Blas *et al.*, 2017).

Los rumiantes emiten metano y dióxido de carbono a la atmósfera, principalmente a partir de la fermentación de carbohidratos solubles y estructurales. Estos gases de efecto invernadero (GEI) favorecen el cambio climático y su concentración cada vez mayor en la atmósfera también acelera el calentamiento global. Por ello, se han desarrollado diversas estrategias para reducir su emisión, como el uso de modificadores metabólicos, la adición de aceites esenciales y compuestos bioactivos de leguminosas tropicales, entre otros. Sin embargo, las metodologías validadas para medir con mayor precisión las emisiones de GEI de los rumiantes suelen disminuir el consumo de materia

seca (Sánchez *et al.*, 2018).

Por lo antes expuesto, la presente investigación trata estudios sobre rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO I

MARCO METODOLÓGICO

1.1. Definición del tema caso de estudio

El presente documento trata sobre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

La producción de metano (CH_4) por los rumiantes se deriva de manera natural del proceso digestivo en estos, pero constituye una pérdida de energía y contribuye a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), por lo que ha aumentado el número de investigaciones a fin de reducir la metanogénesis ruminal.

1.2. Planteamiento del problema

El calentamiento global, la aparición de focos geográficos altamente contaminados y la acumulación de gases de efecto invernadero han creado alarma social y han movilizado a políticos y científicos hacia el estudio y la implantación de medidas de control. Las opiniones son tan diversas, los cálculos tan complejos y la posibilidad de incurrir en errores (intencionados o no) de interpretación de dichos resultados tan probables, que hoy no es fácil hacerse una imagen clara de cuál es la situación de la agricultura en este contexto: su contribución global, las estrategias más eficientes de mitigación y el impacto de su implementación en la resolución del problema (Calsamiglia 2015).

1.3. Justificación

La producción ganadera contribuye en una proporción relevante (pero limitada) al total de emisiones de gases con efecto invernadero: del orden de un 5% del total en CO_2 equivalente. La contaminación más importante se debe a la liberación de metano, que se produce como resultado bien directamente de

la fermentación entérica del alimento, bien indirectamente de la fermentación del estiércol. Los rumiantes son los principales responsables de la emisión directa de metano (alrededor de un 3% de las emisiones totales). Numerosos factores ligados al tipo de animal y a su alimentación modifican la producción de metano en rumiantes, que llega a oscilar entre un 2 y un 10% (De Blas *et al.*, 2017).

Por lo antes expuesto, se justifica la presente investigación documental bibliográfica sobre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

1.4. Objetivos

General

Analizar la relación de emisión de gases invernadero en rumiantes.

Específicos

1. Recopilar información científica referente a la emisión de gases de efecto invernadero.
2. Identificar la relación entre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

1.5. Fundamentación teórica

1.5.1. Emisión de gases

La ganadería bovina es una de las principales fuentes de emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI). A nivel internacional, regional y nacional existe una gran diversidad de estudios relacionados con la búsqueda de estrategias de mitigación de esos gases (Nieto *et al.* 2019).

Las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) son más relevantes en los sectores de energía y de procesos industriales, los cuales son generalmente los de mayores emisiones globales, y de estas la mayor parte proviene del uso de recursos no renovables derivados de combustibles fósiles. La agricultura y la producción alimentaria son sectores que producen una diversidad de gases de alto potencial de calentamiento, como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Estos casos son relevantes a la planificación en energías renovables y sustentabilidad ambiental, ya que no disminuiría su emisión al reducirse el uso de combustibles fósiles (Corona 2018).

Nieto *et al.* (2019) señalan que:

Para identificar el efecto de la aplicación de tecnologías estratégicas sobre las emisiones de GEI en sistemas productivos ganaderos típicos de la región, se analizaron 6 casos de estudios en sus características actuales (SPA) y se plantearon y simularon dos propuestas mejoradoras de sus sistemas productivos (SPM1 y SPM2), se estimaron emisiones de CH por fermentación entérica y N₂O de suelos gestionados.

Además, la misma fuente indica que se caracterizaron las emisiones y se realizó una comparación de emisiones de GEI de los sistemas entre sus tres estados (SPA, SPM1 y SPM2) a través de un ANOVA. Las “emisiones por ternero” fueron significativamente superiores ($P < 0,001$) en el SPA que en los SPM1 y SPM2 emitiendo un 33% y un 36% menos de emisiones que el SPA. En el caso de las “emisiones por kg de peso vivo vendido” las emisiones fueron significativamente superiores en el SPA respecto al SPM2 emitiendo este un 25% menos (Nieto *et al.* 2019).

El CH₄ pertenece al grupo de gases de efecto invernadero (GEI), en el que se encuentran también: bióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos, (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Todos estos gases tienen moléculas con dos o más átomos que se mantienen unidos con suficiente espacio entre

sí para poder vibrar cuando absorben calor; eventualmente la molécula que vibra libera radiación y ésta será posiblemente absorbida por otra molécula. A este proceso de mantener calor cerca de la superficie de la tierra, se le conoce como efecto invernadero (Calsamiglia 2018).

Corona (2018) refiere que, en producción animal, el almacenamiento y manejo de estiércol también contribuye a emisiones de Óxido nitroso (N_2O). La tasa de nitrificación de estiércol almacenado depende de la cantidad de nitrógeno que contiene, y del oxígeno disponible para la reacción química. Los procesos de manejo de estiércol en forma anaeróbica producen baja nitrificación, aunque sí denitrificación y consecuentemente emisiones de N_2O en forma anaeróbica. Entonces, para evaluar las intensidades de emisión debe considerarse en especial cada forma de almacenamiento y manejo de estiércol de la producción animal.

La aplicación de nuevas tecnologías no solamente disminuye las emisiones, sino que mejora la producción de esos sistemas. Por lo que, los resultados demuestran que la aplicación de prácticas de mejora en los sistemas de producción (ajuste de carga animal, reordenamiento del rodeo, manejo del pasto, sanidad animal, división de potreros) tienen un considerable potencial para mitigar las emisiones de GEI en estos sistemas (Nieto *et al.* 2019).

Salazar y Alfaro (2017) manifiestan que:

Entre las estrategias para mitigar las emisiones de CH_4 que se han propuesto, la manipulación dietética nutricional parece ser la de mayor potencial, simplicidad y factibilidad. En aquellos países que han estimado su inventario de GEI, la cantidad de metano es importante y se percibe como urgente la necesidad de que los ganaderos tengan acceso a tecnologías que les permitan reducir las emisiones de GEI de una manera segura y económicamente efectiva.

Nieto *et al.* (2019) corroboran que el cambio climático y sus

consecuencias quizás sea uno de los desafíos para minimizar que más se destacan en la actualidad. Existen dos grandes acciones o estrategias para la mitigación de la emisión de los GEI, una relacionada con la implementación y promoción de actividades que reduzcan las emisiones de los gases y otra, con actividades que capturen el CO₂ del ambiente (sumideros).

Para Bonilla y Lemus (2017), existen numerosos factores que afectan la producción de CH₄, por lo que las alternativas para reducirlo pueden orientarse a uno de los factores, a un grupo de estos, o a implementar todo un conjunto de medidas para su control, lo que dependerá en gran parte de las condiciones de producción.

Para reducir la metanogénesis se pueden clasificar tres grandes grupos: 1) Disminución de CH₄ en el rumen indirectamente, por ejemplo, la defaunación, estimulando la fermentación propiónica en el rumen, disminuyendo la cantidad de carbohidratos estructurales y aumentando la de carbohidratos de fácil fermentación en la dieta. 2) Evaluación de productos que inhiben directamente a las bacterias metanogénicas; por ejemplo, la producción de vacunas, utilizando extractos de plantas, ionóforos, antibióticos específicos, bacteriófagos y bacteriocinasas. 3) Evaluación de vías alternas para la utilización del H₂ producido en rumen, con el objetivo de limitar la producción de CH₄ (Bonilla y Lemus 2017).

La cantidad de metano entérico generada diariamente por un rumiante depende de múltiples factores, pero, como promedio, una vaca lechera, un ternero de cebo, una oveja y una cabra pueden producir diariamente 400, 200, 31 y 19 litros, respectivamente. Entre los factores dietéticos que afectan a la producción de metano destacan la cantidad de materia orgánica fermentada, el tipo de macromoléculas (almidón, celulosa, proteínas, etc.) y el perfil de los ácidos grasos volátiles (AGV) producidos en la fermentación ruminal. La materia orgánica fermentada está constituida básicamente por carbohidratos (estructurales y de reserva) y

proteínas (Evan *et al.* 2018).

El gran desafío mundial de garantizar la disponibilidad alimentaria a toda la población a través de una mayor producción agro-ganadera debe, además, tener en cuenta y resolver otros desafíos, como por ejemplo los efectos en el cambio climático y las limitaciones sobre los recursos naturales. En este sentido el sector ganadero adquiere gran relevancia, sobre todo si se tiene en cuenta que a nivel mundial es la base de los medios de subsistencia y la disponibilidad alimentaria de casi mil millones de personas, y representa el 40% de la producción agropecuaria (Nieto *et al.* 2017).

1.5.2. Relación entre rumiantes y emisión de gases

Los países Latinoamericanos se caracterizan por poseer una baja producción de carne y leche de origen animal y con alta producción de emisiones de metano (69 %); los productores poseen muchos animales que son poco productivos, en lugar de mantener pocos animales con alta producción. Se conoce bien que existe una relación inversa entre la productividad animal y las emisiones de CH₄, cuando ésta se expresa como intensificación de la emisión [cantidad de CH₄ emitido por unidad de producto obtenido (carne, leche)]. Las dos principales limitantes que se presentan para aumentar la productividad animal son un bajo potencial genético y una pobre disponibilidad en cantidad y calidad de alimentos que limitan su eficiencia de utilización (Alayón 2018).

Nieto *et al.* 2019 señalan que “La ganadería y en sus diferentes análisis, a nivel global contribuye con el 14,5% de las emisiones, específicamente la producción de carne bovina es responsable del 41%. El sector ganadero emitió el 15% de las emisiones totales”.

Alayón (2018) indica que a nivel mundial la producción de rumiantes contribuye con 18 % del total de gases de efecto invernadero; principalmente por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) al

transformarse el uso del suelo; la emisión de metano (CH₄) por fermentación entérica y manejo del estiércol y óxido nitroso (N₂O) por descomposición del estiércol en las unidades ganaderas. La emisión de CH₄ y N₂O repercuten en la producción animal. Por ello se realizan investigaciones referentes a la búsqueda e implementación de prácticas orientadas a la mitigación de sus emisiones, con el fin de impactar en la rentabilidad de las unidades de producción.

Evan *et al.* (2018) expresan que la ganadería se enfrenta al reto de aumentar su producción ante las expectativas de crecimiento de la población mundial, con previsiones de alcanzar cerca de 10 mil millones de personas en 2050. Este reto es complejo y requiere una producción ganadera más eficiente y con menos emisiones contaminantes, tanto de gases de efecto invernadero como de sustancias que contaminen suelos y aguas.

El mismo autor señala que en cuanto a los gases de efecto invernadero, el metano tiene un potencial de calentamiento entre 23 y 25 veces superior al del dióxido de carbono y una vida media en la atmósfera que oscila entre 10 y 20 años. Además, este gas supone una pérdida de hasta el 12 % de la energía bruta ingerida por los rumiantes, lo que provoca una disminución de la productividad y la eficiencia económica de las explotaciones (Evan *et al.* 2018).

De acuerdo a Corona (2018), se estudió la emisión de metano y óxido nitroso en rubros de la producción agropecuaria. Estos gases de efecto invernadero tienen potenciales de calentamiento mucho mayor al del dióxido de carbono. Se obtuvieron factores de intensidad de emisión de metano y óxido nitroso. Los productos de origen animal y los cultivos de arroz con anegamiento son los que presentan mayor cantidad de gases con alto potencial de calentamiento global.

Esto se debe a varios procesos que en ese sector contribuyen

simultáneamente: emisiones producidas por el estiércol en su almacenamiento y manejo, la fermentación entérica en el sistema digestivo de los rumiantes, y el metano emitido en suelos bajo agua. Se encuentra que la contribución de metano y óxido nitroso proveniente de cereales y legumbres de secano es de menor relevancia (Corona 2018).

Alayón (2018) menciona que a nivel de unidades de explotación, las prácticas de mitigación pueden encaminarse en las siguientes áreas: a) A nivel de los animales y su alimentación; prácticas en el manejo alimenticio y nutrición, modificación en el ambiente ruminal, mejoramiento reproductivo y genético; b) A nivel del sistema de manejo; mejora y manejo de la pradera y de fuentes alimenticias, manejo de la salud animal, y manejo del estiércol.

La misma fuente, Alayón (2018) explica que la mitigación de los GEI en la ganadería comprende la identificación de las diferentes fuentes de emisión en el sistema de producción. Las estrategias o acciones de mitigación pueden orientarse a disminuir la producción de los GEI, o aumentar los mecanismos de captura (fuentes sumidero) de los compuestos críticos que promueven la formación de GEI.

El metano es un producto de la degradación de materia orgánica en condiciones anaeróbicas. En los herbívoros, y en mayor medida en rumiantes, la celulosa y otros carbohidratos se digieren con ayuda de la actividad bacteriana en el rumen: a estos procesos se denomina fermentación entérica. La fermentación producida por los microorganismos libera CH_4 , dependiendo la cantidad emitida del tipo de animal, y de la calidad y cantidad de los alimentos que ingiere. Los rumiantes que producen mayores cantidades de metano son el ganado vacuno y el ovino, y se consideran para los cálculos las condiciones de domesticación estándar. El metano se produce en la digestión y se elimina directamente por boca o heces en forma gaseosa (González y Carlsson 2017).

La producción de CH_4 en los rumiantes está influenciada por factores

como consumo de alimento, composición de la dieta, digestibilidad del alimento, procesamiento previo del alimento y frecuencia de alimentación. Entre las estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ se ha propuesto: reducir el número de animales rumiantes, aumentar el número de animales no rumiantes, manipulación genética de los microorganismos ruminales metanogénicos, desarrollo de razas menos metanogénicas y manipulación dietética–nutricional; esta última parece ser la de mayor potencial en términos de simplicidad y factibilidad (Bonilla y Lemus 2017).

Calsamiglia (2018) analiza que 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.

Salazar y Alfaro (2017) mencionan que se han encontrado diferencias significativas entre los factores propuestos por distintas fuentes, lo que sugiere desarrollar más estudios en las diferentes condiciones climáticas del país. Para desarrollar estrategias para mitigar las emisiones de CH₄ por el ganado, debe ser posible cuantificarlas en una amplia gama de circunstancias, por lo que existen varios métodos tanto para estimarlas como para medirlas.

La manipulación nutricional para suprimir la metanogénesis incluye uso de forrajes de alta calidad, alta proporción de granos en la dieta, uso de aditivos (compuestos químicos, ácidos orgánicos, ionóforos, probióticos), dietas ricas en ácidos grasos insaturados, adición de acetógenos, de bacteriocinas, de virus vs *Archaea*, y de extractos vegetales (aceites esenciales), modificación de las prácticas de alimentación y

suplementación a dietas basadas en pajas. Estas prácticas de alimentación reducen las emisiones de CH₄ por la modificación de la fermentación ruminal, inhibiendo directamente los metanogénicos y protozoarios, o desviando los iones hidrógeno de los metanogénicos (Bonilla y Lemus 2017).

Evan *et al.* (2018) acota que la agricultura genera aproximadamente la mitad del total del metano de origen antropogénico y el 97,9 % de esta cantidad procede de la actividad ganadera. El metano de origen ganadero puede tener dos fuentes: el 67,2 % procede de la fermentación digestiva de los alimentos (metano entérico) y el 32,8 % se origina por la fermentación de estiércol.

Según Evan *et al.* (2018) la mayoría del metano entérico (94,0 %) es producido por rumiantes, mientras que el porcino es la especie que más contribuye al metano generado a partir de estiércol (72,9 %). Por ello, el sector de los animales rumiantes necesita actuaciones a nivel de la fermentación entérica para reducir las emisiones de este gas sin perjudicar la cantidad y calidad de sus productos.

La agricultura y la producción pecuaria contribuyen ampliamente a las emisiones antropogénicas de CH₄, CO₂ y N₂O a la atmosfera. Por estos motivos se están encaminando esfuerzos a reducir las emisiones y prevenir el calentamiento global, y proteger así el sistema climático natural del planeta, y se considera que los sistemas de producción animal sostenibles deben propender por una menor producción de CH₄ (Calsamiglia 2018).

Los trabajadores del campo y los profesionales que hacen vida en este medio, deben mejorar los sistemas de alimentación y producción, de los animales que por acción de sus heces, orina y gases intoxican el medio, llevando a la colectividad agropecuaria a mejorar la nutrición de los rumiantes, y por ende la disminución producción de gases tóxicos al ambiente. Utilizar prácticas agradables con el ambiente entre ellas la

producción de gramíneas, leguminosas y la incorporación de técnicas que garanticen buena producción de carne, leche, lana (Villarruel 2018).

Las tecnologías que se utilizan y que pueden reducir la cantidad de metano producido por los rumiantes o la liberación total de metano en la atmosfera, se ha enfocado en el uso eficiente del alimento por el animal y haciendo el medio ambiente más favorable para los microorganismos rumiales. Los factores que deben ser considerados para la selección de las mejores opciones para la reducción del metano incluyen: factores climáticos, económicos, técnicos, recursos materiales, prácticas de manejo del estiércol, requerimientos regulatorios (Vargas *et al.* 2017).

Se han adicionando ácidos orgánicos precursores del propionato y se investigan diferentes bacterias acetogénicas que pueden usar H⁺ y CO₂ en la producción de acetato. Por otra parte, el mejoramiento de las características nutricionales del forraje y la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, como la presencia de otros estratos vegetales en el área de pastoreo (sistemas silvopastoriles), pueden mejorar las características de la fermentación ruminal, reflejándose en mayor productividad y generalmente en una disminución en las emisiones de CH₄ (Bonilla y Lemus 2017).

Villarruel (2018) determina que entre los animales domésticos se pueden encontrar especies que afectan de forma severa al calentamiento global y por ende el deterioro de la capa de ozono, entre ellos se va a tocar el caso de los más representativos los Rumiantes (énfasis en el bovino), debido a la gran emisión de gases a la atmósfera, algunos de ellos de efecto invernadero, como el gas carbónico y el metano.

Las características que hacen diferente a los poligástricos de otros animales, es poseer un estómago dividido en cuatro compartimientos; los cuales llevan como nombre Rumen, Retículo, Omaso y Abomaso, razón por la cual la digestión en comparación con los monogástricos es distinta y basa su alimentación principalmente de gramíneas o pastos y

leguminosas que se encuentran en las sabanas y potreros, conocer el proceso de Rumia es la condición fundamental para comprender cómo se producen estos fluidos contaminantes (Villarruel 2018).

La reducción práctica de las emisiones de gases de efecto invernadero dependerá del mejoramiento del manejo de la dieta y la selección de animales que tienen bajas emisiones por unidad de alimento ingerido. Las estrategias para reducir las emisiones de metano provenientes del ganado pueden ser las siguientes: 1) mejorar la selección genética, 2) reducir la población de ganado, 3) mejorar la nutrición, 4) manejo de los pastos, 5) incrementar los alimentos concentrados, 6) modificar la dieta alimenticia (amonio y melaza), 7) suplementación con grasas e ionoforos, 8) defaunación, 9) reducción de la manufactura de productos para el ganado y 10) emplear la inmunización y tecnología recombinante (Vargas *et al.* 2017)

Evan *et al.* (2018) relata que la calidad del forraje también puede afectar de forma importante a la producción de metano. En general, a medida que aumenta la madurez de las plantas aumenta su contenido en carbohidratos estructurales y se reduce su contenido en carbohidratos más fermentables (azúcares, almidón), lo que provoca una disminución de la digestibilidad. Por ello, los forrajes más maduros suelen provocar una mayor producción de metano, especialmente si se expresa por unidad de materia seca (MS) ingerida.

La producción de rumiantes (PR) en el trópico y altiplano andino del Ecuador se ve limitada por escasa disponibilidad y mala calidad de recursos forrajeros (altos en fibra y bajos en proteína), además de generar problemas, como la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) promoviendo pérdidas energéticas considerables en el animal (2-12% de su energía disponible). Los rumiantes son los mayores contaminadores del planeta, avivando cada día la destrucción de ecosistemas, fundamentalmente la capa de ozono, por la elevada generación de GEI, primordialmente metano (CH₄), seguido por dióxido

de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) (Núñez y Rodríguez 2019).

La importancia que tienen los bovinos como principales rumiantes en la producción de gases de efecto invernadero, especialmente metano, para ello es importante hacer mención sobre el sistema digestivo el cual tiene la capacidad de aprovechar y transformar el material fibroso presente en los pastos en alimentos de alta característica nutricional como la carne y la leche (Villarruel 2018).

Vargas *et al.* (2017) argumenta que las estrategias a implementar deben estar adecuadas de acuerdo a sí los animales están en pastoreo, confinamiento o semiintensivo. Un factor importante que se ha evidenciado y que se debe de considerar es que las técnicas o alternativas para disminuir las emisiones de metano tienen gran variabilidad una de otras. Para mitigar el problema, más que intentar disminuir la producción de metano asociado a la explotación ganadera, lo que hay que hacer es identificar las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes de la explotación que en la mayoría de los casos se asocia a una práctica incorrecta de la alimentación y el pastoreo de los animales.

Una alternativa para disminuir la producción de metano en rumen indirectamente, es estimulando la fermentación propionica en el rumen, disminuyendo la cantidad de carbohidratos estructurales y aumentando la de carbohidratos de fácil fermentación en la dieta. Una combinación de pastos mejorados, manejo y selección animal podría reducir las emisiones de gases con efecto invernadero provenientes de los rumiantes; sin embargo, se requiere más investigación sobre este aspecto para corroborar si las emisiones de gases de efecto invernadero son reducidos (Torres y Garrido 2016).

Diversas evidencias muestran que la tasa de emisión de metano por fermentación ruminal, está relacionada con las características físico-químicas de la dieta, las cuales afectan el nivel de consumo y la

frecuencia de alimentación. Por esto, una subnutrición contribuye a incrementar las emisiones de metano. La posibilidad de limitar las emisiones de metano por el ganado en sistemas de producción tropical, provee beneficios económicos y medioambientales (Núñez y Rodríguez 2019).

Cárdenas y Flores (2017) destacan que como parte de las acciones para mitigar las emisiones de metano de la agricultura, y específicamente de la ganadería, la búsqueda de alternativas para reducir la producción de metano por los rumiantes, debería ser una actividad concomitante a toda investigación y aplicación tecnológica en el área de la nutrición animal, lo cual puede contribuir a reducir las emisiones de GEI.

La misma fuente explica que la aplicación de tecnologías pecuarias disponibles debería ser una acción inaplazable, a fin de maximizar la eficiencia del proceso de producción primaria. Las acciones de mitigación de las emisiones de metano por los rumiantes sólo son una parte de la amplia gama de acciones a realizar de manera inmediata para atenuar y frenar el efecto del calentamiento y el cambio climático global (Cárdenas y Flores 2017).

Una opción para la reducción de gases, consiste en la sustitución de tecnologías convencionales por nuevas alternativas que generen una adecuada producción y mínimos efectos medioambientales. Dentro de estas alternativas de potencial uso en el trópico está el manejo de pasturas, con el fin de mejorar su calidad, una opción que hasta el momento ha tomado fuerza por sus múltiples beneficios son los sistemas silvopastoriles, pero poco se ha investigado su efecto sobre la producción de metano ruminal (Núñez y Rodríguez 2019).

Estudios demuestran que es evidente la relación entre eficiencia productiva y emisiones. Es así que el impulso de las tecnologías dirigidas a optimizar los índices productivos contribuye, en este caso en simultáneo, a optimizar el efecto ambiental de las producciones. A esto

cabe agregar, que un alto efecto en la eficiencia muchas veces es logrado con medidas sencillas y de bajo costo (Nieto *et al.* 2017).

Se estudiaron las emisiones de los dos gases principales de efecto invernadero de alta capacidad de calentamiento, metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). En varios procesos de la producción agropecuaria se emiten cantidades significativas de estos gases. Siguiendo el procedimiento se analizó los casos más relevantes: a) emisiones de N₂O por aplicación de fertilizantes sintéticos; b) emisiones de N₂O por aplicación de estiércol; c) emisiones de N₂O por almacenamiento y manejo de estiércol; d) emisiones de CH₄ debidas a estiércol; e) emisiones de CH₄ debidas a fermentación entérica (digestión, en particular en rumiantes); f) emisiones de CH₄ debidas a anegamientos en cultivos de arroz (González y Carlsson 2017).

Gómez *et al.* (2019) en investigación realizada demuestra que el mejoramiento de pasturas y el aumento de la cobertura arbórea pueden hacer que usos de la tierra como las pasturas degradadas presenten un alto potencial de secuestro de carbono a nivel de finca. A nivel de paisaje, el potencial de las fincas ganaderas se vería incrementado insertando algunas áreas con plantaciones forestales y liberando áreas no aptas para la producción agropecuaria para dar paso a la regeneración natural de bosques secundarios.

Se ha reportado que implementando mejores prácticas de manejo en pastoreo reduce las emisiones de gases con efecto invernadero, principalmente el metano, provenientes de los rumiantes. El pastoreo intensivo disminuye la producción anual de metano proyectada en un 22%(emisión de metano por unidad de incremento de peso por animal), comparándolo con el pastoreo continuo. En algunos casos se ha propuesto, que disminuir el periodo de engorda (bovinos para carne) por alrededor de un mes, podría reducir los efectos medioambientales de los rumiantes, principalmente por la liberación de gases con efecto invernadero. La alimentación de alimentos concentrados con altos

niveles de fibra lignificada ha demostrado tener un efecto negativo en la producción de metano emitido por las heces (Torres y Garrido 2016).

Diferentes estudios señalan que la manipulación de dietas en la alimentación de rumiantes (AR) disminuye la formación de GEI, bajo este contexto han reportado que la mezcla de plantas con alto contenido de MS (principalmente: taninos) en la AR reducen las emisiones de CH₄ sin alterar la fermentación ruminal.¹⁴ Lo que sugieren combinar gramíneas (*Pennisetum purpureum*) 25 % de cualquier leguminosa (*Trichanthera gigantea*, *Morus alba*), debido a que esto optimiza el uso de la energía en los rumiantes disminuyendo la producción de CH₄ en un 27-31% (Núñez y Rodríguez 2019).

1.6. Hipótesis

Ho= no existe relación entre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

Ha= existe relación entre los rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

1.7. Metodología de la investigación

Para la elaboración del presente documento se recopiló, revisó y analizó información de textos, revistas, bibliotecas virtuales y artículos científicos.

La información obtenida fue resumida y analizada de acuerdo a la investigación sobre rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

CAPÍTULO II

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Desarrollo del caso

El presente documento trata de la relación entre rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero.

Existe interés creciente por disminuir la producción de CH₄ por los rumiantes debido a sus efectos sobre el cambio climático y las pérdidas de energía que representan. Existen varias estrategias de control de las emisiones de CH₄ por los rumiantes que están siendo investigadas, algunas de ellas más cerca de la aplicación práctica, y otras en etapas más tempranas de investigación, como Intensificación de la producción, alimentación, Manejo del pastoreo, selección animal, aditivos químicos, Compuestos secundarios de plantas, nitrato, Defaunación, Acetogénesis reductiva, Inmunización contra metanógenos y Bacteriófagos (Ungerfeld 2018).

2.2. Situaciones detectadas (hallazgo)

La alimentación de alimentos concentrados con altos niveles de fibra lignificada ha demostrado tener un efecto negativo en la producción de metano emitido por las heces

Potencial uso en el trópico está el manejo de pasturas, con el fin de mejorar su calidad, una opción que hasta el momento ha tomado fuerza por sus múltiples beneficios son los sistemas silvopastoriles, pero poco se ha investigado su efecto sobre la producción de metano ruminal.

Una combinación de pastos mejorados, manejo y selección animal podría reducir las emisiones de gases con efecto invernadero provenientes de los rumiantes; sin embargo, se requiere más investigación sobre este aspecto para corroborar si las emisiones de gases de efecto invernadero son reducidos.

2.3. Soluciones planteadas

Producción de metano por los rumiantes, debería ser una actividad concomitante a toda investigación y aplicación tecnológica en el área de la nutrición animal, lo cual puede contribuir a reducir las emisiones de GEI.

Investigar sobre el sistema digestivo el cual tiene la capacidad de aprovechar y transformar el material fibroso presente en los pastos en alimentos de alta característica nutricional como la carne y la leche en los bovinos como principales rumiantes en la producción de gases de efecto invernadero, especialmente metano.

2.4. Conclusiones

Existe una gran cantidad de factores que afectan la producción de metano en los rumiantes, por lo que las estrategias para su mitigación deben ser integrales y cuidadosamente diseñadas a cualquier nivel de planeación.

Para mitigar las emisiones de metano de la agricultura, y específicamente de la ganadería, la búsqueda de alternativas para reducir la producción de metano por los rumiantes, debería ser una actividad concomitante a toda investigación y aplicación tecnológica en el área de la nutrición animal, lo cual puede contribuir a reducir las emisiones de GEI.

Las acciones de mitigación de las emisiones de metano por los rumiantes sólo son una parte de la amplia gama de acciones a realizar de manera inmediata para atenuar y frenar el efecto del calentamiento y el cambio climático global.

La dieta que reciben los rumiantes tiene una gran influencia en la cantidad de metano producido y las dietas forrajeras suelen generar más metano que las dietas concentradas. La asociación de prácticas que potencien la formación de ácido propiónico (aumento del nivel de ingestión y del porcentaje de concentrado de la dieta, mejora de la calidad del forraje, inclusión

de subproductos con alto contenido en grasa insaturada, etc.) con una reducción del aporte de proteína degradable en la dieta puede reducir la producción de metano y mejorar simultáneamente la eficacia energética (debido al carácter glucogénico del propiónico) y proteica.

2.5. Recomendaciones

Implementar como sistemas silvopastoriles para reducir los gases con efecto invernadero.

Realizar acciones que concienticen a los productores agropecuarios sobre la importancia de controlar la emisión de gases efecto invernadero, especialmente por metano CH₄.

BIBLIOGRAFÍA

- Alayón-Gamboa, J. A. 2018. Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería. *Agro Productividad*, 11(2). Disponible en <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/112/100>
- Ballesteros, H. B., & Aristizabal, G. L. 2007. Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Subdirección de Meteorología (Bogotá, Colombia)*. 96p. Disponible en https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50544101/Gases_de_Efecto_Invernadero_y_el_Cambio_Climatico-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1649651180&Signature=P6UG8hMDTMINLkvp6B~SsE0C9vwkjm4Qj1abq3Phw4iTgFd1fR9X0tVswW1MjAzs9nTsZCzgJYW4CDmk7t-jdYrowf~6mzs-dJLKsoealfon1ZIKa8FLj-Zde2Mr72gRoi7SrPRlydsM6JQxTm7syB5xK15MNsdtGJbTsPmMAw6l4leNpXFpDGDF1t~kfHs7-MIP52QSyCvVQn5zjVdyNKf1LWKONqK3m32o6T-oqu5rmNI8LF3YMVUn33s7KV8nEltYhFhGkXCRW7cBZGly~tDLcO19G4O-5fg2NRILMxGqhM3PXu~YYQEHAPK0XgCh7HDeABqQMWy6rSyAdonHxg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Berra, G., Finster, L. 2002. Emisión de gases de efecto invernadero. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. INTA. Buenos Aires. AR. Vol.2, no.2 p.212-215. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bibunfa.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=016051>
- Bonilla Cárdenas, J. A., Lemus Flores, C. 2017. 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. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200006

- Calsamiglia, S. 2015. Producción de rumiantes, estrategias productivas y emisiones de gases de efecto invernadero. *XVII*, 20. Disponible en [http://unillanos.edu.co/docus/libro%20ponencias%20ANEMBE%202012\(1\).pdf#page=21](http://unillanos.edu.co/docus/libro%20ponencias%20ANEMBE%202012(1).pdf#page=21)
- Calsamiglia, S. 2018. La Contribución Del Rumiante A La Producción De Gases De Efecto Invernadero: Los Puntos Sobre Las ÍES. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/82-rumiante_gases.pdf
- Cárdenas, J. A. B., Flores, C. L. 2017. 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. Disponible en https://produccion-animal.com.ar/clima_y_ambientacion/82-rumiante_gases.pdf
- Corona, L. 2018. El metano y la ganadería bovina en México: ¿ Parte de la solución y no del problema?. *Agro Productividad*, 11(2). Disponible en <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/117>
- De Blas, C., García-Rebollar, P., Cambra-López, M., & Torres, A. G. 2017. Contribución de los rumiantes a las emisiones de gases con efecto invernadero. *XXIV Curso de especialización FEDNA. Editorial FEDNA. Madrid*, 121-150. Disponible en <https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/89-gases.pdf>
- Evan, T. D., Carro Travieso, M. D., González Cano, J. 2018. Emisiones de metano en los animales rumiantes: influencia de la dieta. *Albéitar*, 220, 32-35. Disponible en <https://oa.upm.es/54818/>
- Gómez Villalba Juan, Cobos Mora Fernando, Hasang Moran Edwin. 2019. Sostenibilidad de los sistemas de producción de ganadería extensiva. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 4(1)180-195. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7368619>
- González, A. D., & Carlsson Kanyama, A. 2017. Emisiones de gases de efecto invernadero con alto potencial de calentamiento global: el sector agropecuario. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 11. Disponible en <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90830>

- Nieto, M. I., Guzmán, M. L., Steinaker, D. 2017. Emisiones de gases de efecto invernadero: simulación de un sistema ganadero de carne típico de la región central Argentina. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 40(1), 92-101. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142014000100014
- Nieto, M., Frasinelli, C. A., Frigerio, K., Reiné, R., & Barrantes, O. 2019. Estrategias de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas ganaderos bovinos extensivos del sur de San Luis, Argentina. Estudio de casos. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 45(3), 404-411. Disponible en http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1669-23142019000300404.
- Núñez-Torres, O. P., Rodríguez-Barros, M. A. 2019. Subproductos agrícolas, una alternativa en la alimentación de rumiantes ante el cambio climático. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 6(1), 24-37. Disponible en http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2311-25812019000100004&script=sci_arttext
- Salazar, F., & Alfaro, M. 2017. Emisión y mitigación de gases con efecto invernadero en sistemas ganaderos bovinos. *Tierra Adentro*. Disponible en https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Salazar%2C+F.%2C+%26+Alfaro%2C+M.+2017.+Emisi%C3%B3n+y+mitigaci%C3%B3n+de+gases+con+efecto+invernadero+en+sistemas+ganaderos+bovinos.+Tierra+Adentro.&btnG=
- Sánchez-Santillán, P., Torres-Cardona, M. G., Campos-Montiel, R. G., Soriano-Robles, R., Fernández-Luqueño, F., Medina-Pérez, G., Almaraz-Buendía, I. 2018. POTENCIAL DE EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO DE PLANTAS FORRAJERAS POR FERMENTACIÓN ENTÉRICA. *Agroproductividad*, 11(2). Disponible en <https://web.s.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01887394&AN=128827440&h=ZQXorr4FcV5J1t85srbd0hU95%2fBKw%2bhZGonoz3EbqDOq2H5X8MOuD3ZjUVaxki8uWln7DKHQCVsUsqAoBuXsQ%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAu>

th&resultLocal=ErrCriNotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d01887394%26AN%3d128827440

- Torres, D. P., Garrido, S. J. L. 2016. Los rumiantes y el calentamiento global: alternativas para disminuir las emisiones de metano. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Serafin-Garrido/publication/264970686_LOS_RUMIANTES_Y_EL_CALENTAMIENTO_GLOBAL_ALTERNATIVAS_PARA_DISMINUIR_LAS_EMISIONES_DE_METANO/links/53f782b60cf24ddba7d808e2/LOS-RUMIANTES-Y-EL-CALENTAMIENTO-GLOBAL-ALTERNATIVAS-PARA-DISMINUIR-LAS-EMISIONES-DE-METANO.pdf
- Ungerfeld, E. M. 2018. Predicción y mitigación de las emisiones de metano de los rumiantes. *Agro Productividad*, 11(2). Disponible en <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/115>
- Vargas, J., Cárdenas, E., Pabón, M., & Carulla, J. 2017. Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo. *Archivos de zootecnia*, 61(237), 51-66. Disponible en <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/2958>
- Villarruel, S. 2018. Medidas para disminuir la producción de gases de efecto invernadero generados por los rumiantes (bovinos), para mejorar el ambiente y la productividad ganadera. *Huellas rurales*, 3(3). Diponible en <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/huellasrurales/article/view/6505>