UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN BOVINOS CON EL EMPLEO DE ADITIVOS NATURALES”

AUTOR(ES):

Tania Alexandra Rodríguez Llerena

Jilson Roy Tapia Mejico

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE AGROPECUARIA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO SOBRE LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN BOVINOS CON EL EMPLEO DE ADITIVOS NATURALES"

AUTOR(ES):

Tania Alexandra Rodríguez Llerena

Jilson Roy Tapia Mejico

DOCENTE - TUTOR:

Dr. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	Cumple
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple
VALORACIÓN TOTAL	99/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	**X**
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	**99/100**

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JUNIOR STALIN VARGAS HIDALGO

Junior Stalin Vargas Hidalgo

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de marzo de 2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Si cumplió con lo solicitado
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	4/5	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	19/20	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	10/15	No presenta bibliografía, pece a que en la primera revisión ya se hizo la misma observación.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	14/15	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	24/25	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	4/5	Para todo el documento se pidió que no exceda las 20 hojas hasta bibliografía.
VALORACIÓN TOTAL	89	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	89/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
GINNO ANDRES ALVARADO AVILA

GINNO ANDRES ALVARADO AVILA

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **RODRIGUEZ LLERENA TANIA ALEXANDRA** (C.I. 1600658882) con el Tema: **"Análisis bibliográfico sobre la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el empleo de aditivos naturales"** de la carrera de AGROPECUARIA . Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 0 %, Informe generado con fecha 01 de marzo 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE

Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
160044611-4
Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)
Submitted	3/1/2023 10:31:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ta.rodriguezl@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W URL: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/download/58/Vol.%2011%... 1
Fetched: 1/7/2023 4:33:29 PM

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROPECUARIA

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **TAPIA MEJICO JILSON ROY** (C.I. 2150036172) con el Tema: **"Análisis bibliográfico sobre la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el empleo de aditivos naturales"** de la carrera de AGROPECUARIA . Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio OURIGINAL, reportando una similitud del 0 %, Informe generado con fecha 01 de marzo 2023 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
WILLAN ORLANDO CAICEDO QUINCHE

Dr. C. Willan Orlando Caicedo Quinche, PhD
160044611-4
Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Document Information

Analyzed document	TIC Rodriguez y Tapia.doc (D159830629)
Submitted	3/1/2023 10:31:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ta.rodriguezl@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	wcaicedo.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W URL: https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/download/58/Vol.%2011%... 1
Fetched: 1/7/2023 4:33:29 PM

"Análisis bibliográfico sobre la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el empleo de aditivos naturales"

"Literature review on mitigation of greenhouse gases in cattle with the house of natural additives"

Rodríguez Llerena Tania Alexandra[1]
ta.rodriguezl@uea.edu.ec

Tapia Méjico Jilson Roy[1]
jr.tapiam@uea.edu.ec

Caicedo Quinche Willan Orlando, PhD[2]
wcaicedo@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Agropecuaria

Resumen

El cambio climático es uno de los problemas más graves que se evidencia a nivel mundial, la demanda mundial de alimentos está asociada a la preocupación por el cambio climático y su intento por reducir los impactos ambientales que provoca, siendo los gases de efecto invernadero (GEI) los principales contaminantes en la producción agrícola , ganadería y silvicultura. La producción ganadera representa el 14,5 % de las emisiones de gases de efecto invernadero, siendo la producción cárnica la que más contamina, con el 41 %. El gas metano es el contaminante más fuerte y es producido por la descomposición de bacterias anaerobias de compuestos orgánicos en el alimento dentro del tracto digestivo del ganado, el producto de esta fermentación son ácidos grasos volátiles, los cuales son fuente de energía para el animal. Por estas razones, varios países han implementado diferentes métodos para ayudar a combatir la mitigación de gases de efecto invernadero en el ganado por medio de aditivos naturales. El objetivo de este trabajo es analizar mediante una revisión bibliográfica sobre la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el uso de aditivos naturales, aceites esenciales, principales principios activos de forrajes, probióticos, prebióticos, algas y biocarbón. Se utilizó un método de investigación documental exploratoria para recopilar información de páginas como Google Scholar,

PubMed, ScienceDirect, Redalyc, University Repositories, Livestock Research for Rural Development, SciELO, Research Square, Oxford Academic y FASEB, de fuentes en inglés y español. Con la información recabada se concluyó que la aplicación de diferentes aditivos naturales en el ganado ayuda a contrarrestar los GEI.

***Palabras Clave*:** aceites esenciales, componentes bioactivos, probióticos, prebióticos, biochar, algas.

Summary

Climate change is one of the most serious problems that is evident worldwide, the global demand for food is associated with concern about climate change and its attempt to reduce the environmental impacts it causes, with greenhouse gases (GHG) being the main pollutants in agricultural production, livestock and forestry. Livestock production accounts for 14.5% of greenhouse gas emissions, with meat production being the biggest polluter, accounting for 41%. Methane gas is the strongest pollutant and is produced by the decomposition of anaerobic bacteria of organic compounds in the food inside the digestive tract of cattle, the product of this fermentation is volatile fatty acids, which are a source of energy for the animal. For these reasons, several countries have implemented different methods to help combat the mitigation of greenhouse gases in cattle by means of natural additives. The objective of this work is to analyze by means of a bibliographic review on the mitigation of greenhouse gases in cattle with the use of natural additives, essential oils, main active ingredients of forages, probiotics, prebiotics, algae and biochar. An exploratory documentary research method was used to collect information from pages such as Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Redalyc, University Repositories, Livestock Research for Rural Development, SciELO, Research Square, Oxford Academic and FASEB, from sources in English and Spanish. With the information gathered, it was concluded that the application of different natural additives in cattle helps to counteract GHG.

***Keywords*:** essential oils, forage active ingredients, probiotics, prebiotics, algae, biochar, production stages and greenhouse gases.

1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es uno de los problemas más graves que se evidencia a nivel mundial, en los 50 últimos años se han producido efectos de dogmas económicos fortalecidos por la globalización, falta de educación ambiental, diferencias de culturas, fallas en los sistemas educativos, dando como resultado agravamientos del cambio climático. En el siglo XXI debido a la incidencia de los agentes ambientales se ha presentado una creciente de intereses tanto científicos, políticos, sociales y mediáticos ya que todo esto involucra a la sociedad, su salud y economía (Gaudiano & Pablo, 2020).

La demanda de alimentos a nivel global se asocia con la preocupación por el cambio climático y su intento de reducir los impactos ambientales que provoca, siendo así los gases de efecto invernadero (GEI) los principales contaminantes dentro de la producción agrícola, ganadera, silvicultura y entre otros que utilicen a la tierra como fuente principal. Debido al aumento del calentamiento global se han tomado represarías para contrarrestar este fenómeno ya que la ganadería es considerada la principal causante de producción de gas metano debido al aumento del número de bovinos y disminución de áreas verdes para producción de pasto, se ha invadido selvas vírgenes ocasionando reducción de flora y fauna silvestre. La ganadera representa al 14,5% de las emisiones de gases de efecto invernadero, la producción de carne es la que más contamina representando un 41% (Frasinelli *et al*., 2019).

El gas metano es el contaminante más fuerte debido al sobrecaliento que representa muchas veces mayor que el CO_2 ya que este no tiene mucho tiempo de vida dentro de la atmósfera haciendo que su concentración se note más rápido. El metano se produce por la descomposición de bacterias anaerobias de compuestos orgánicos de los alimentos dentro del tracto digestivo en bovinos, producto de esta fermentación se obtienen ácidos grasos volátiles (AGV) los cuales son fuente de energía para el animal. A su vez se produce también amonio, hidrógeno y dióxido de carbono los cuales son reducidos y convertidos en metano debido a las poblaciones bacterianas especializadas. El metano (CH_4) es eliminado por medio de los eructos, las emisiones de este a la atmosfera van desde 150 a 420 litros por día (Vélez *et al*., 2014).

Existen diversos estudios que han evaluado muchas maneras para mitigar los gases

de efecto invernadero en bovinos, entre los que se destaca el empleo de aditivos naturales los cuales son de gran utilidad a través de la manipulación de sus dietas con el fin de promover la eficiencia de fermentación ruminal y mejorar la utilización de los alimentos. Dentro de los aditivos naturales más utilizados se incluye: probióticos, prebióticos, aceites esenciales, principios activos de forrajes empleados en la alimentación, algas y biochar. Posteriormente de una extensa revisión bibliográfica se determinó que los aceites esenciales reducen la metanogénesis y modifican los valores de la fermentación del propionato y butirato en el rumen (Cruz, 2016).

Por estas razones varios países han implementado diferentes métodos que ayuden a combatir la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos, debido a que la demanda alimenticia y su producción principalmente de ganado de carne es extensiva, pero muy pocas personas conocen el uso de los aditivos naturales en su alimentación como mecanismo de reducción de los GEI. Varios estudios se enfocan principalmente en la reducción del gas metano ya que se considera dentro de los gases como el más contaminante y se ha observado que la utilización de aceites esenciales como el timol, orégano, ajo, menta, provocan una atenuación de los acido grasos volátiles (ácido acético, ácido propiónico, ácido butírico) producidos en el rumen logrando así una reducción del 35% (Cruz, 2016).

Los productores ganaderos debido a los estudios realizados y comentarios positivos sobre el uso de aditivos naturales están apuntando a utilizarlos en su proceso productivo, gracias a que reducen las emisiones de los GEI, aumentan su volumen de producción, contribuyen a mejorar los índices del hato y estos no tienen efectos negativos que afecten el consumo normal de carne o leche (Cruz, 2016).

La presente investigación tuvo como objetivo realizar una revisión bibliográfica sobre la mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el empleo de aditivos naturales. Los resultados fruto de investigación denotan aditivos más utilizados, producto, fuente, país, categoría, edad, dosis y los impactos que estos causan en la reducción de gases de efecto invernadero.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Se llevo a cabo una revisión bibliográfica-sistemática entre fuentes primarias y secundarias de información para obtener validez científica. Se efectuó una búsqueda de documentos relacionados de fuentes primarias como: artículos científicos, tesis de grado, revistas y fuentes secundarias. Cada estudio se seleccionó de acuerdo a mitigación de gases de efecto invernadero en bovinos con el empleo de adictivos naturales, en las categorías de teneros, novillos, vacas, toros y un caso *in vitro;* producto, composición, país de estudio, dosis, beneficios y más; las búsquedas se realizaron en inglés, español y portugués. Se encontró 140 documentos científicos de los cuales 92 se emplearon para los resultados.

2.2. Métodos de investigación

Se hizo una investigación con el método exploratorio documental, se recopilo información de páginas como Google Académico, PubMed, ScienceDirect, Redalyc, Repositorios Universitarios, Investigación ganadería para el desarrollo rural, SciELO, Research Square, Oxford Academic y FASEB.

2.3. Descriptores de búsqueda

Uso de aceites esenciales, principios activos de forrajes, probióticos, prebióticos, algas y biochar en la alimentación de bovinos en sus diferentes etapas de producción. Use of essential oils, active principles of forage, probiotics, prebiotic, algae and biochar in cattle feeding in its different stages of production.

2.4. Criterios de inclusión

Aquellos criterios de inclusión que se tomaron en cuenta para la búsqueda de información necesaria para esta investigación documental fueron los siguientes:

2.5. Palabras claves:

Essential oils, active principles of forage, probiotics, prebiotic, algae, biochar, cattle, greenhouse gases.

2.6. Operadores:

Los más utilizados fueron los operadores booleanos: =, -," para encontrar información específica en la base de datos.

2.7. Año de publicación

Se realizo la búsqueda fruto de estudio durante los meses de diciembre y enero del año 2022-2023. De las cuales se tomó en cuenta las publicaciones de los últimos 12 años, basándose en los años 2010 al 2022.

2.8. Manejo de la información

Utilizando el software Microsoft Office Excel, se elaboró una base de datos en la que se creó una hoja de cálculo con la información de cada documento analizando (título, año, autor, variable, tipo de documento, categoría, DOI, URL) y una hoja de cálculo con la información relacionada con el estudio, para la construcción del artículo de revisión bibliográfica se utilizó la herramienta de Microsoft Office Word actualizo con las normas APA séptima edición.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida de la clasificación de las fuentes bibliográficas como el porcentaje de estudios publicados según el aditivo natural, país y categoría se observan en la (Figura 1, Tablas 1-5), los cuales respaldan los resultados de las 92 publicaciones encontradas que representan el (100%) para los resultados; en cuanto a aceites esenciales se recopilo datos de 9 fuentes bibliográficas y representan (29,03%), seguido de 6 principios activos de los forrajes (19,35%), 5 probióticos (16,13%), 4 prebióticos (12,90%), 7 entre algas y biochar (28,58%). Dentro de los países con los estudios realizados en correspondencia con la temática se destacan, 7 estudios en México lo cual representa (22,58%), seguido de Brasil 4 (12,90%), Cuba 1 (3,23%), Venezuela 4 (12,90%), Ecuador 1 (3,23%), Colombia 6 (19,35%), Finlandia 1 (3,23%), E.E.U.U 1 (3,23%), Laos 1 (3,23%), República Democrática Popular Lao 1 (3,23%), Vietnam 2 (6,45%), Marruecos 1 (3,23%), República Dominicana 1 (3,23%). La categoría terneros domina en las investigaciones realizadas donde se encontró 11 revisiones bibliográficas que representa (35,48%) seguido de novillos 8 (25,81%), vaca 9 (29%), toros 2 (6,45%) y 1 estudio *In vitro* con liquido ruminal que representa el (3,23%).

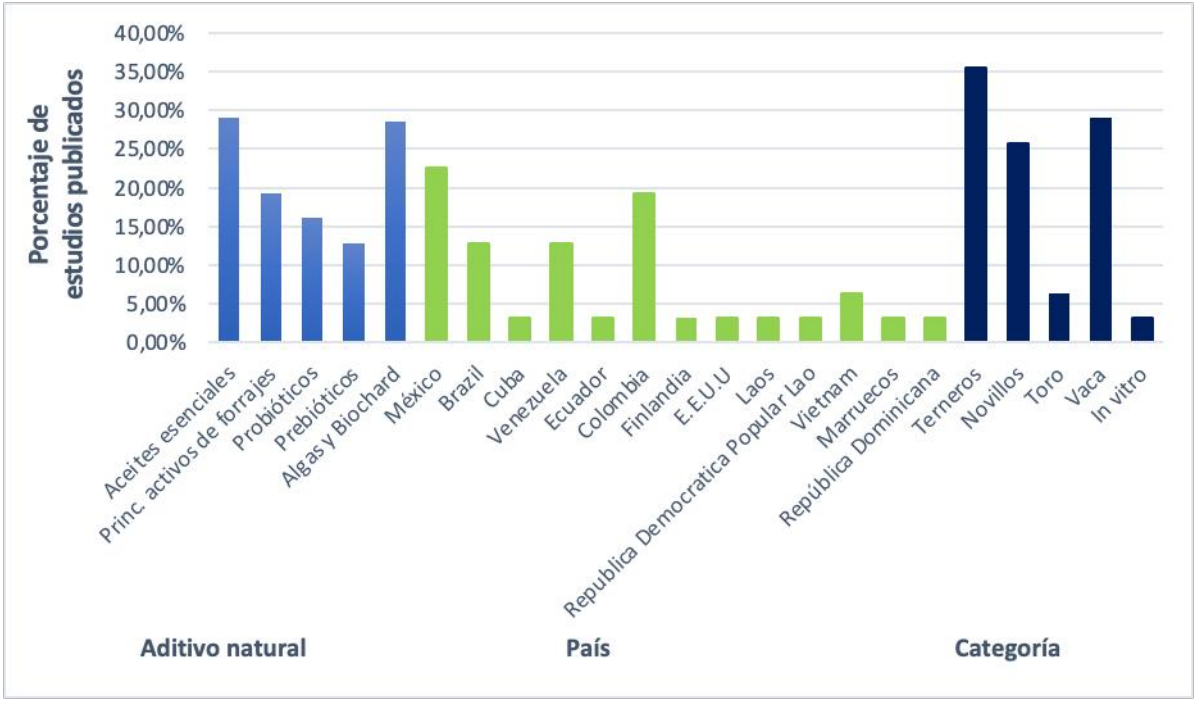


Figura 1 *Clasificación de las fuentes bibliográficas que aportaron a los resultados de la investigación.*

Tabla 1

Aceites esenciales empleados en bovinos

Producto	Parte de la planta	Nombre Científico	Composición	País	Categoría etaria	Dosis	Beneficios	Referencia
Canela	Corteza inferior	(*Cinnamomum zeylanicum Blu*)	(E)-Cinamaldehido (77.1%) Eugenol (7.2%)	México	Novilla	500 mg/L	Reduce la emisión de GEI de un 20 al 60 %; hay una disminución de nitrógeno amoniacal y metano dependiendo la dosis hasta un 94%; ganancia de peso en bovinos de carne.	(Degadillo-Ruiz *et al*., 2021)
Tomillo y orégano	-	(*Thymus vulgaris y Origanum vulgare*)	Timol 7% Arcilla de bentonita 48% Arcilla de stevensita 30% Aceite esencial de *rosmarinus* 10% Aceite de oliva 5%	Marruecos	Vacas	100 g/d	Reduce producción de metano en incubaciones in vitro en el rumen; se aumentó la producción de leche en un 10%	(Hamdani, *et al*., 2019)
Orégano	Hojas	(*Origanum vulgare*)	Carvacrol Terpineno Timol p-cimeno linalol	Brasil	Novillo	2,4 mg/mL	Mejora la calidad de los productos animales; en vacas Holstein aumento la grasa. peso de la leche y reducción en un 40% de producción de metano; hay disminución del ácido acético y butírico; la actividad microbiana es más relevante que otros aceites esenciales sobre disminución de *Firmicutes, el género Butyrivibrio y Clostridia;* en cuanto a la concentración de metano, se reduce en un 40%.	(Bravo, 2020)
Clavo de olor	Brotes de flores	(Syzygium aromaticum)	Carvacrol Citral Linalol Geraniol	México	Novilla	0,3 mg/mL	Mejora la calidad de carne; disminuye el aspecto de la grasa; disminuye el número de protozoarios lo cual afecta a las especies de menor tamaño como *Entodinium* y *Holotrichos.*	(Chávez Soto *et al*., 2021)
Eucalipto	Hojas	*(Eucalyptus* spp*)*	Citronelal (72.8%) Citronelol (14.1 %)	México	Novilla	1.66 mg/mL	Mejora el metabolismo de la proteína y almidón, generando mayor producción de AGCC como acido propiónico; disminuye el metano hasta un 58%.	(Degadillo-Ruiz *et al*., 2021)

Menta	Hojas	(*Mentha spicata*)	Carvacrol Citral Linalol Geraniol	México	Vacas productoras de leche	0.33 mg/ml	Reducción del 20% de metano; mejora la función del rumen y no afecta la productividad. Se logro reducir el número de protozoarios de genero Entodinium, Diplodinium T y Isotricha.	(Chávez Soto *et al*., 2021)
Jengibre	Raíz	(*Zingiber officinale Rosc*)	Canfeno (14.1%) Geranial (4.9%) Geranial = acetato de bornilo (8.1%) β-Bisaboleno (22.1%) Ar-Curcumeno (14.5%) β-Eudesmol (5.4%)	México	Novillo	300 mg/L	Modifica la fermentación microbiana ruminal de manera beneficiosa; en vacas lactantes tiende a aumentar la productividad de leche; existe una disminución mínima de los AGV en concentraciones bajas al momento de aplicar concentraciones altas se reduce considerablemente.	(Chávez Soto *et al*., 2021)
Cilantro	Semillas	(*Coriandrum sativum L.*)	p- Cimeno (6.1%) Linalool (72%)	México	Novillo	0.3 mg/ml	Aumento en la producción de leche; no afecta la digestibilidad de nutrientes; mejoramiento de la salud de los animales; mitigación del metano entérico.	(Chávez Soto *et al*., 2021)
Naranja	Cáscara	(*Citrus sinensis L. Osbeck*)	Limoneno (91.5%)	Brasil	Toro	3.5 g/d	No afecta la ingestión del alimento; mejora la ganancia de peso; mejoramiento del producto final en cuanto a coloración; textura de la carne; no modifica el sabor de la carne; disminución de los gases de efecto invernadero.	(Guerrero *et al*., 2014)

GEI, Gases de efecto invernadero; AGCC, Ácidos grasos de cadena corta; AGV, Ácidos grasos volátiles.

Analizando la tabla 1 se observa que existe una reducción más significativa del gas metano al aplicar el aceite esencial de canela en la dieta alimentaria del bovino con 500 mg/L, en relación al peso del animal se evidencian efectos positivos en ganado de carne en la etapa de desarrollo generando mayor ganancia de peso y experimentando una reducción hasta del 94% de metano.

En una dosis de 100 g/d de aceite esencial de tomillo y orégano suministrado en vacas de producción de leche, reduce la producción de metano y aumenta la ganancia de leche en un 10%, este posee grandes propiedades antimicrobianas, mejora la retención de N en vacas suplementadas con forrajes ricos en fibra y refleja una mejora en la productividad del bovino (Bastos *et al*., 2011). En relación a los aceites encontrados, el aceite de orégano tiene mayor concentración de timol a diferencia de los otros, este tiene efecto antibacteriano e influye en la población de la microbiota en el rumen y modifica su fermentación.

Los metabolitos secundarios actúan contra bacterias, hongos y protozoos, y como efecto se reduce la producción de gas metano, debido a la inhibición del crecimiento de bacterias metanogénicas; por lo tanto, existe una mayor cantidad de fermentación de los sustratos ruminales por los AGVs (Cruz Orjuela, 2016). En novillas al aplicar aceite de clavo de olor en una dosis de 0,3 mg/mL se mejora la calidad de la carne y el aspecto de la grasa del animal se reduce. En el aceite de eucalipto, la mitigación del metano representa hasta un 58% cuando se emplea en novillos. Los aceites de menta, cilantro, jengibre y naranja contribuyen en la disminución de los GEI. Los aceites esenciales son utilizados como herramientas para mejorar la función ruminal de una manera natural sin la utilización de antibióticos que puedan generar efectos negativos para el rumiante como al consumidor, su uso como aditivo natural en la dieta diaria del bovino mejora la fermentación del rumen y a su vez la producción de AGV todo esto influye en la producción de metano (Raygoza *et al*., 2012).

Tabla 2

Principales forrajes empleados en la alimentación de bovinos con la finalidad de reducir los GEI

Producto	Parte de la planta	Nombre Científico	País	Categoría etaria	Dosis	Beneficios	Referencia
Alfalfa	Hojas (forraje)	(*Medicago sativa*)	México	Vaca lechera	0,5 g/d	Mejora la fermentación en el rumen; disminuye la acumulación de ácido láctico; aumenta en un 8% la producción de leche.	(Contreras & Pirela, 2013)
Yuca	Hojas	(*Manihot esculenta*)	Brasil	Terneros	45 g/d	Reduce la producción de protozoos y metano, reduce la fermentación en el rumen.	(Contreras & Pirela, 2013)
Tithonia	Forraje	(*Tithonia diversifolia*)	Cuba	Terneros	1 kg/d	Mejor valor nutricional a diferencias de otros forrajes; presenta altos niveles de proteína, carbohidratos solubles y taninos; mejora el balance ruminal en energía y proteína; existe disminución de costos energéticos en los animales; mejora el aporte de nitrógeno en el rumen; disminuye la prevalencia de parásitos dándose así una infesta parasitaria baja.	(Lezcano-Más et al., 2016)
Maní forrajero	Harina de maní	(*Arachis pintoi*)	Ecuador	Vacas lecheras	2 kg/d	Aporta muchos sustratos energéticos al bovino del contenido celular de la leguminosa y así evita la fermentación del rumen; suministra proteína cruda al animal; aumenta la producción de leche. sustituye un 33% al alimento balanceado reduciendo gastos sin afectar su producción.	(Rovira-Ojeda, 2022)
Guácimo	Harina de guácimo	(*Guazuma ulmifolia*)	Venezuela	Vacas lecheras	2 kg/d	Alto contenido de proteína cruda; aumenta 15,58% en la producción de leche; incrementa un 0,5 % la grasa de la leche.	(Laguna Gámez & Ordóñez Rodríguez, 2017)
Matarratón	Forraje	(*Gliricidia sepium*)	Venezuela	Terneros	5 kg/d	Alto contenido de proteína, energía, minerales y vitaminas; aumenta el suministro de nitrógeno microbiano al duodeno; mayor producción de leche.	(Lemos-Ramírez, 2014)

GEI, Gases de efecto invernadero.

En la tabla 2 se observa que los forrajes proteicos suministrados al ganado en diferentes dietas pueden reducir los gases de efecto invernadero. Al suministrar la alfalfa como forraje en la dieta del bovino en una dosis de 0,5 g/d se puede evidenciar que este forraje tiene un efecto positivo en el ganado lechero, mejorando la fermentación del rumen y aumentando hasta un 8% la producción de leche.

En el forraje de yuca con una dosis de 45 g/d implementada en su dieta se reduce la fermentación del rumen disminuyendo la emisión del gas metano, los animales que se les suministró una dieta con forraje de yuca presentaron disminución de niveles de urea en la sangre e incluso disminuyeron el nivel de amoniaco en la sangre y reducción de nitrógeno amoniacal en el rumen de los bovinos; esto se refleja en el aumento de la producción de leche. En terneros se utilizó una dieta suplementando el forraje de *Tithonia diversifolia* a razón de 1 kg/d obteniendo un efecto beneficioso ya que por su alto valor nutricional, este contiene un alto nivel de proteína, carbohidrato, taninos, llegando a mejorar el balance ruminal en energía y proteína, otro beneficio de este pasto es que reduce la carga parasitaria de los bovinos, tiene un mejoramiento de nitrógeno en el rumen, disminuye el nivel de metano ya que los taninos ayudan a reducir estos niveles, además al aportar una gran cantidad de carbohidratos solubles favorece la fermentación ruminal para la formación de AGV, lo que beneficia a la producción de leche (Ruíz *et al*., 2014).

El maní forraje suplementado en ganado lechero en una cantidad de 2 kg/d satisface las necesidades que tienen de nitrógeno en el rumen lo que ocasiona la estimulación total de la materia seca, las vacas alimentadas con este forraje presentaron un incremento de un 14% en la producción de leche, contiene un 20% de proteína ya que es una leguminosa ayuda a mejorar la digestibilidad de las dietas, disminuyendo la emisión de metano (Londoño *et al*., 2019). El guácimo y el matarratón suplementados en diferentes cantidades 2 kg/d y 5 kg/d, presentan un contenido similar de proteína y energía en aporte nutricional. Los forrajes no solo contribuyen a la mitigación de GEI, también, reducen los costos de producción, sustituyen el uso de balanceados, aumentar su producción tanto en ganancia de peso y suministro de leche. Por otra parte, los microorganismos del rumen prefieren alimentos ricos en carbohidratos, sin embargo, estos contribuyen mayormente con la producción de los GEI debido a la elevada actividad microbiana (Laguna Gámez & Ordóñez Rodríguez, 2017).

No obstante, el consumo de leguminosas mejora la degradación de fibra ya que estas solo poseen lignina en el xilema y no en el resto de tejidos haciendo que las paredes celulares sean completamente digeribles a diferencia de las gramíneas, varios estudios han constatado que las diferencias en su estructura y contenido de las paredes celulares han provocado que se dé un aumento en la tasa de pasaje en leguminosas, se estima que una vez incrementado la densidad de partículas en el rumen se va acortar el tiempo de retención y la densidad de partícula aumenta.

El consumo de leguminosas incrementa las poblaciones bacterianas de protozoos y hongos, disminuyendo a su vez la producción de metano en el rumen. Según las revisiones bibliográficas si se le suministra a un bovino un forraje alto en proteína el animal va a emitir menos metano, promueve la tasa de crecimiento y producción de leche (Dean, 2015).

Tabla 3

Uso de probióticos en bovinos

Producto	Nombre Científico	Composición	País	Categoría etaria	Dosis	Beneficios	Referencia
Levaduras	(*Saccharomyces cerevisiae*)	Saccharomyces cerevisiae NCYC Sc 47	Colombia	Terneros	1,28 x 10^9 UFC/kg	Reduce la producción de metano y disminuye la cantidad de protozoarios; estabiliza el pH del rumen; aumento de proporción molar de acetato y propionato; existe mayor degradación de fibra por ende mejor aprovechamiento de forrajes, ganancia muscular y producción de leche.	(Saro *et al*., 2017)
Bacterias	(*Bacillus licheniformis*) (*Bacillus subtilis*)	Bacteria gran positiva	Colombia	Ternero	0,1 ml UFC/kg	Mejora las condiciones de la microbiota del rumen; aumento de flujo en proteína cruda; disminución de la concentración de nitrógeno amoniacal dentro del rumen; mejor ingesta de materia seca; aumento del peso vivo del animal; capacidad de degradación de carbohidratos; equilibrio de la microbiota del tracto gastrointestinal.	(Saro *et al*., 2017)
Bacterias	(*Enterococcus Faecium*)	*Enterococcus Faecium* NCIMB 10415	Colombia	Terneros	1 x 10^9 UFC/kg	Mejor estado sanitario; aumento en la producción de leche; mayor disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes; disminución de gas metano.	(Gracia González, 2014)
Bacterias	(*Lactobacillus sp.*)	*Lactobacillus sp.*	Colombia	Terneras	1 x 10^9 UFC/kg	Favorece el desarrollo de la flora gastrointestinal; ayuda a cambiar algunos monosacáridos y lactosa en ácido láctico lo cual favorece en la fermentación ruminal; mejoramiento y ganancia de peso; existe aumento de grasa en la leche y también en su producción.	(Gracia González, 2014)
Hongo	(*Aspergillus oryzae*)	Aspergillus oryzae	Brasil	Vacas lecheras	3,5 g/día	Aumento de concentración de AGV; aumento del crecimiento de bacterias que utilizan ácido láctico; mejora el pH y degradación de fibra.	(Casas Rodríguez, 2018)

UFC, Unidades formadoras de colonia; AGV, ácidos grasos volátiles.

Analizando la tabla 3, existen varios probióticos que pueden llegar a reducir la emisión de metano y mejorar la producción de carne y leche. La levadura *Saccharomyces cerevisiae* al suministrarse en dosis de 1,28 x 10^9 UFC/kg, tuvo un efecto positivo en la producción de la leche por que la levadura hace que baje el nivel de grasa, actúa degradando la materia seca, lo cual conlleva a que el bovino aproveche más el forraje, esto llega a disminuir la población de metanógenos, mejorando la utilización de la energía llegando a mitigar los GEI.

Las bacterias *Bacillus licheniformis* y *Bacillus subtilis*, actúan a nivel del rumen ya que facilitan la digestibilidad del almidón en el bovino, *Enterococcus faecium* actúa en los intestinos del rumiante lo cual hace que el pH del rumiante baje permitiendo que se establezca un microbiota intestinal que no es patógena, ayuda a disminuir diarreas en terneros, esta bacteria es una gran fuente de energía fácilmente disponible para el rumiante, también actúa mejorando la digestibilidad de la materia seca, lo que ocasiona que se reduzcan los gases de efecto invernaderos. *Lactobacillus sp.* no influye en el consumo de alimento del bovino, sin embargo, influye en el incremento, la producción de leche en un 7.1%.

El hongo *Aspergillus oryzae* en una dosis de 3,5 g/d hace modificaciones en el rumen lo que beneficia en la producción del animal, ocasionando que el bovino tenga mayor ganancia de peso y también produzca más leche, el hongo se relaciona con la capacidad de estimular la degradación de fibra, mediante el estímulo del hongo fibrolítico *Neocalimastix frontalis*, al estimular la producción de N amoniacal, también incrementa la degradación de proteínas (Herrera *et al*., 2010). El uso de probióticos contribuye en la modificación el pH y temperatura ruminal, el cual depende de la dosis y los microrganismos suministrados (Roa Vega *et al*., 2017).

Tabla 4

Uso de prebióticos en bovinos

Producto	Fuente	Composición	País	Categoría etaria	Dosis	Beneficios	Referencia
FOS	-	Fructosa y glucosa	Colombia	Terneras	8 g/d	Disminuye el pH en el colon del rumiante así se crea un ambiente adecuado para que las bacterias puedan crecer y desarrollarse; mejora la salud del tracto gastrointestinal; genera incremento de peso en el bovino.	(Casalla & Vacca, 2010)
GOS	Suero de leche	Glucosa y galactosa	Colombia	Novillo	6 L/d	Mejora la absorción de calcio y retención de magnesio y hierro.	(Casalla & Vacca, 2010)
MOS	(*Saccharomyces cerevisiae*)	Manosa	Venezuela	Vacas lecheras	10 g/d	Retiene minerales como magnesio y hierro; mejora el rendimiento del animal.	(Roa-Vega *et al*., 2017)
FRU	(*Artacarpus altilis*)	Harina de maíz	Venezuela	Novillas	2,5 kg/d	Disminuye la producción de metano; acetato propiónico; pH e inhibe bacterias metanogénicas.	(Munguía *et al*., 2016)

FOS, fructooligosacaridos; GOS, Galactooligosacaridos; MOS, Mananooligosacaridos; FRU, fructosa

En la tabla 4, se analizó los prebióticos más utilizados en la ganadería bovina, varios estudios demuestran que refuerzan la microflora endógena benéfica del intestino del animal. Los FOS, son carbohidratos de reserva que se sintetizan a partir de la sacarosa y se encuentran en las plantas, estos están compuestos principalmente de fructosa y resto de glucosa, al aplicar en la dieta del bovino en cantidades de 8 g/d provoca una disminución del pH en el colon creando un ambiente adecuado para que las bacterias puedan crecer y desarrollarse, a su vez mejora la salud del tacto gastrointestinal por ende genera mejor absorción de nutrientes reflejándose en una mayor ganancia de peso; la incidencia directa de este aditivo natural es durante el proceso productivo del animal obteniendo mayor peso. Los GOS, se encuentra dentro de la leche, está compuesto por glucosa y galactosa según estudios analizados se puede aplicar en dosis de 6 L/d, el beneficio de esto es mejorar la absorción de calcio en el animal y retener el magnesio y hierro. Estos minerales son fundamentales para el desarrollo del bovino dependiendo el requerimiento y etapa que se encuentre ya que ayudan a la formación de tejidos y funciones regulatorias, si existiría una deficiencia de estos podría causar patologías que afectarían su desarrollo normal y producción (Luo *et al*., 2017).

Los MOS están compuestos de manosa y se encuentran presentes en hongos, bacterias y levaduras en especial en la pared celular de *Saccharomyces spp.*, al actuar como prebiótico retiene minerales como magnesio y hierro, en vacas al aplicar dosis mínimas de 10 g/d a su vez también al igual que los otros prebióticos mejora la celulosis ruminal y aumenta la proteína microbiana en el intestino, los estudios demuestran que este aditivo es más utilizado en vacas ya que mantiene buenos niveles en la producción de leche y grasa, mejorando las condiciones del rumen y rendimiento del animal (Pereira *et al*., 2016).

Por último, la fructosa que ha sido aplicada en una dieta a base de harina de maíz en Venezuela, en la categoría de novillas, con dosis de 2,5 kg/d donde se comprobó que disminuye la producción de metano y acetato propiónico, mantiene el pH, el pH ideal es 6.0 para mantener las condiciones idóneas en el rumen y garantizar su funcionamiento e inhibe las bacterias metanogénicas que son las encargadas de producir metano (Ortega-Cerilla *et al*., 2019).

Tabla 5

Uso de algas y biocarbón en bovinos

Producto	Fuente	País	Categoría etaria	Dosis	Beneficios	Referencia
Espirulina	(*Arthorospira plantesis*)	Finlandia	Vaca lechera	12,5 kg/d	Reduce la fermentación ruminal; aumenta la grasa en la leche.	(Brooke *et al*., 2018)
Algas rojas	(*Asparagopsis taxiformis*)	Estados Unidos	Toro	80 g/d	Reduce hasta un 82% el metano y contribuye a ganar peso.	(Roque *et al.*, 2021)
BC	Cáscara de arroz	República Dominicana	Ternero	60 g/d	Reducción del metano en su totalidad; mejoramiento del crecimiento y conversión alimenticia del ganado.	(Leng *et al*., 2015)
BC	MS (astillas de raíz de yuca, follaje fresco de yuca al 1%, sulfato de sodio y cloruro de sodio al 0,4 y 0,5%) Nitrato de potasio 6% Urea al 1,83 % Biocarbón al 0,6 %	República Democrática Popular Lao	Terneros	10 g/d	Aumento de peso en el animal; se redujo la producción de metano en un 22 y 29%; no se vio afectada la producción de leche; aumenta la eficiencia de conversión alimentaria en rumiantes.	(Leng *et al*., 2015)
BC	BC (cáscara de arroz), raíz de yuca ensilada y seca.	Vietnam	Vacas	12 g de MS /960 ml de solución	Se produjo una disminución significativa del metano.	(Phongphanith *et al*., 2016)
BC	BC (cascara de arroz), tallos de yuca tratados con urea, espinacas de agua al 1%.	Vietnam	Terneros	65 g/d	Se aumento la retención de nitrógeno en un 46%, al aumentar biocarbón en la dieta no se presentaron cambios ni aumento de proteínas; el biocarbón funciona como un prebiótico que facilita la actividad microbiana y mejora la fermentación ruminal.	(Thuy Hang *et al*., 2018)
BC	BC 1%, hojas de yuca fresca y secas, sustrato basal de melaza y urea en 3% de MS.	Laos	*In vitro*	12g MS / 240 ml de líquido del rumen	BC reduce la producción de metano en el rumen; facilita el desarrollo microbiano ruminal; reduce la metanogénesis;	(Porsavathdy *et al*., 2017)

BC, Biocarbón; MS, Materia seca.

En la tabla 5, se analiza el uso de algas y biochar en la alimentación de rumiantes. La espirulina al ser aplicada en dosis de 12,5 kg/d puede reducir la fermentación ruminal, y en el caso de vacas lecheras aumentar la grasa en la leche y la producción en un 21% debido a su composición rica en nutrientes, los resultados son más efectivos en animales productores de leche ya que la espirulina se asocia con una disminución representativa en el recuento de células somáticas, lo que hace que el valor alimentario de la leche mejore (Brooke *et al*., 2018).

En algas rojas la dosis es menor, pero existe una reducción mayor en cuanto al gas metano llegando hasta un 82%. Por otra parte, referente al estudio con biocarbón se constató que esta producido a través de la cáscara de arroz con altas temperaturas y añadiéndole diferentes composiciones de prebióticos, probióticos y forrajes proporciona una superficie microbiana extensa, los organismos del rumen se adhieren a esta película de alimentación que contiene en su mayoría carbohidratos estructurales lo que encierra a las colonias de bacterias, se crea un habitad para los microbios, donde fermentan más eficientemente los materiales de alimentación o donde se da la oxidación de metano tras facilitar la unión de *Archaea metanogénicas* ya que normalmente estas poblaciones son muy pequeñas (Leng *et al*.,2015).

La dosis más representativa de gas metano se presentó en 10 g/d con una reducción del 22 y 29% dependiendo la dieta suministrada, la cual está compuesta de astilla de raíz de yuca, follaje fresco de yuca al 1%, sulfato de sodio y cloruro de sodio al 0,45 % y 0,5 %, nitrato de potasio al 6 %, urea al 1,83 % y biocarbón al 0,6 %. Dentro de los estudios *in vitro* el tratamiento más efectivo se obtuvo al aplicar hojas de yuca secadas al sol, ya que existe una liberación del HCN el cual inhibe la metanogénesis. El resultado de la reducción de metano se debe a que el biocarbón apoya la formación de biopelículas que modifican el ecosistema ruminal (Phongphanith *et al*., 2016).

4. CONCLUSIONES

Los aceites esenciales al ser incluidos en la dieta del bovino propician efectos positivos sobre el animal, inhibe la proliferación de bacterias encargadas de producir nitrógeno amoniacal y reprime el crecimiento de microrganismo amilolíticos favoreciendo el flujo de nutrientes en el intestino, a su vez disminuye la producción del ácido acético, propiónico y butírico. Al ser un aditivo natural reemplaza el uso de antibióticos, estos no presentan efectos negativos en la leche o carne a diferencia del uso de fármacos sintéticos. La dosis más significativa en la reducción de GEI y metano se encuentra con la aplicación de aceite esencial de canela, dependiendo de su dosis puede mitigar los GEI de 20 a 60 % y metano hasta un 94%.

El uso de los prebióticos es una alternativa cada vez más conocida e utilizada por los ganaderos, constituyen un mecanismo de acción enfocado en el desarrollo de microorganismo beneficiosos para el rumen, impiden el progreso de microrganismos patógenos, mejora la absorción de nutrientes, ganancia de peso y producción de leche sin generar cambios en su composición, dentro de los estudios analizados los FOS son los más probados y aplicados en rumiantes por sus beneficios a nivel ruminal y productivos.

La alimentación con diferentes forrajes como la Alfalfa, Yuca, Tithonia, Maní Forrajero, Guácimo, Matarratón, en diferentes etapas de los bovinos, aportaron resultados positivos en ganancia en la conversión alimentaria y reducción de GEI, ya que estos forrajes contienen sustancias químicas como las saponinas y taninos que ayudan a mitigar los GEI. La Tithonia en dosis de 1 kg/d de forraje presenta mejores resultados por su valor nutricional, alto nivel de proteína, y el contenido de taninos que ayuda a balancear el ambiente ruminal en energía y proteína y a su vez ayuda a disminuir los niveles de metano.

La suplementación con algas y biocarbón en la dieta de los bovinos constituye una alternativa factible para mitigar los GEI, estudios realizados con las algas *Arthorospira plantesis* y *Asparagopsis taxiformis* demuestran su eficiencia logrando reducir un 82% su emisión, incrementando la ganancia de peso, a pesar de su buena aceptación y digestibilidad. La adición de biocarbón dentro de la dieta del animal en dosis de 65 g/d compuesto por BC (cascara de arroz), tallos de yuca tratados con urea, espinacas de agua al 1%, es el que mejores resultados en cuanto a reducción de GEI, facilita la actividad

microbiana y mejora la fermentación ruminal.

5. BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS

Díaz , R. (2021). IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GANADERÍA: IMPLICACIONES FISIOLÓGICAS Y AMBIENTALES. *Revista Científica Ecuatoriana,*, *8*(1), 18-20.

Gaudiano, E. J., & Pablo , M. C. (2020). Educación para el cambio climático: ¿Educar sobre el clima o para el cambio? *Scielo, 42*(168), 157-158.

Frasinelli, C., Frigerio, K., Beine, 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. *Revista de investigaciones agropecuarias, 45*(3), 404-405.

Vélez, M., Campos, R., & Sánchez, H. (2014). USO DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE LAS PLANTAS PARA REDUCIR LA METANOGÉNESIS RUMINAL . *Redalyc, 17*(3), 489-499.

Cruz, D. J. (2016 de 2016). *Aditivos naturales como promotores de crecimiento en rumiantes.* Universidad de La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=zootecnia

Degadillo Ruiz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Gallegos Flores, P., Echavarría Cháirez, F., Meza López, C., & Gaytán Saldaña, N. (2021). Modificación de la fermentación ruminal in vitro para mitigación de metano mediante la adición de aceites esenciales de plantas y compuestos terpenoides. *Abanico Veterinario, 11*(107).

Cruz Orjuela, J. D. (2016). *Aditivos naturales como promotores de crecimiento en rumiantes.* Universidad de La Salle: https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1033&context=zootecnia

Chávez Soto, D., Vázquez Armijo, J., Hernández Meléndez, Martínez González, J., Esparza Jiménez, S., & López Aguirre, D. (2021). LOS ACEITES ESENCIALES EN LOS PEQUEÑOS RUMIANTES Y SU EFECTO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD. *researchgate, 24*(70), 1-7.

Guerrero, A., Prado, N., Rivaroli, D., Fugita, C., Zawadzki, F., & Sañudo, C. (2014). Los aceites esenciales en el cebo del ganado bovino. *Researchgate*(14), 50-54.

Saro, C., Mateos, I., Ranilla, M., & Carro, M. (2017). *UN PROBIÓTICO ES UN ADITIVO COMPUESTO POR MICRORGANISMOS VIVO*. Sitio Argentino de Producción Animal: www.produccion-animal.com.ar

Gracia González, D. C. (2014). *EFÉCTO DE DOS ADITIVOS PREBIÓTICOS Y PROBIÓTICOS EN EL CRECIMIENTO Y CONDICIÓN CORPORAL EN*

TERNERAS Holstein friesian, TUMBACO, PICHINCHA. Universidad Central del Ecuador: http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2482/1/T-UCE-0004-56.pdf

Casas Rodríguez, S. (2018). Saccharomyces cerevisiae y Aspergillus oryzae: estimuladores y modificadores de la fermentación y crecimiento microbiano ruminal. Artículo de revisión. *SciELO, 30*(2), 1-9.

Brooke, C., Roque, B., Najafi, N., Gonzalez, M., Pfefferlen, A., DeAnda, V., . . . Hess, M. (2018). Evaluation of the Potential of Two Common Pacific Coast Macroalgae for Mitigating 1 Methane Emissions from Ruminants. *BioRxiv*, 1-15.

Lamminen, M., Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Kokkonen, T., Jaakkola, S., & Vanhatalo, A. (2019). Different microalgae species as a substitutive protein feed for soya bean meal in grass silage based dairy cow diets. *ELSEVIER*(247), 112-126.

Casalla, L. A., & Vacca, A. C. (2010). Efecto de la suplementación con fructooligosacáridos sobre parámetros productivos y rentabilidad de terneras holstein en el trópico alto. *SciELO*, 21-53.

Roa Vega, M., Ladino Romero, E., & Hernández Martínez, M. (2017). Indicadores de bioquímica sanguínea en bovinos suplementados con Cratylia argentea y Saccharomyces cerevisiae. *SciELO, 40*(2), 144-149.

Rovira Ojeda, R. Z. (2022). *Universidad Tecnica de Babahoyo.* dspace: http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/11405/E-UTB-FACIAG-MVZ-000083.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Leng, R., Preston, T., & Inthapanya, S. (2015). *Faculty of Agriculture and Forest Resources, Souphanouvong University.* Pyroligneousacid: http://www.pyroligneousacid.com.au/wp-content/uploads/2019/01/Biochar-reduces-enteric-...d-fresh-cassava-foliage.pdf

Lemos Ramírez, J. N. (2014). *Universidad Nacional Abierta y A Distancia.* repositore Unad: https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2779/11795460.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Laguna Gámez, J. C., & Ordóñez Rodríguez, M. (2017). Efecto sobre la producción y calidad de leche de la suplementación con harina de guácimo y Guanacaste Autores/as . *Central American Journals Online, 10*(16).

Roque, B., Venegas, M., Kinley, R., Nys, R., Duarte, T., Yang, X., & Kebreab, E. (2021). Red seaweed (Asparagopsis taxiformis) supplementation reduces enteric methane by over 80 percent in beef steers. *Plos One, 3*(16).

Munguía, H., Pantaleón , P., D, J., & G, R. (2016). Evaluación de calidad de ensilajes de

pasto Estrella (Cynodon nlemfluensis) y pasto Guinea (Panicum maximum) con adición de harina de maíz, melaza y Biostabil como inóculo. *Zamorano*, 18.

Quero Castillo, A., & Quiroz, J. (2013). *Manejo de pastos y Forrajes.* Fundacion Girarz.

Contreras, D., & Pirela L, M. (2013). UTILIZACIÓN DEL FORRAJE DE YUCA (Manihot esculenta) EN LA ALIMENTACIÓN DERUMIANTES EN EL TRÓPICO. . En A. P. Bravo, *Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales* (pág. 233). Fundacion Girarz.

Lezcano-Más, Y., Soca Pérez, M., Roque López, E., Ojeda García, F., Machado Castro, R., & Fontes Marrero, D. (2016). Forraje de Tithonia diversifolia para el control de estrongílidos gastrointestinales en bovinos jóvenes. *SciELO, 39*(2), 133-138.

Hamdani, H., Chami, N., Oukhouia, M., Jabeur, I., Sennouni, C., & Remmal, A. (2019). Efecto de un aditivo a base de timol en la fermentación rumana, en las emisiones de metano en el gas eructado y en la producción de leche en vacas Holstein. *Investigación ganadería para el desarrollo rural*.

Leng, R., Preston , T., & Sangkhom, I. (2015). Biochar reduces enteric methane and improves growth and feed conversion in local “Yellow” cattle fed cassava root chips and fresh cassava foliage. *Faculty of Agriculture and Forest Resources, Souphanouvong University,*, 1-8.

Phongphanith, S., Preston, T., & Leng, R. (2016). Effect of water spinach (Ipomoea aquatica) and cassava leaf meal (Manihot esculenta Crantz) with or without biochar on methane production in an in vitro rumen incubation using ensiled or dried cassava root meal as source of carbohydrate. *Animal Science Department, Faculty of Agriculture and Forest Resource, 28*(6).

Thuy Hang, L. T., Preston, T., Leng, R., & Xuan Ba, N. (2018). Effect of biochar and water spinach on feed intake, digestibility and N-retention in goats fed urea-treated cassava stems. *Livestock Research for Rural Development, 30*(5).

Porsavathdy, P., Phongphanith, S., Preston, T., & Leng, R. (2017). Methane production in an in vitro rumen fermentation of molasses-urea was reduced by supplementation with fresh rather than dried cassava (Manihot esculenta, Crantz) leaves and by biochar. *Livestock Research Rural Development, 29*(3).

Terán Benalcázar, E. G. (Febrero de 2020). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.* Repositorio Utc: http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6718/1/PC-000890.pdf

Intagri. (09 de 01 de 2021). Requerimientos Nutricionales en Bovinos. *Intagri*(104), 4. Intagri: https://www.intagri.com/articulos/ganaderia/requerimientos-nutricionales-en-bovinos?p=registro

Luo, J., Balvert, S., Wise, B., Welten, B., Ledgard, S., Klein, C., . . . Judge, A. (2017). Using alternative forage species to reduce emissions of the greenhouse gas nitrous oxide from cattle urine deposited onto soil. *ELSEVIER*(610), 1271-1278.

Bravo, J. D. (2020). *"Determinación de la actividad antibacteriana del extracto de orégano (Origanum vulgare) emulsionado en mastitis bovina".* Cybertesis: https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/14127/Bravo_lj.pdf?sequence=1

Chalate-Molina, H., Gallardo-López, F., Pérez-Hernández, P., Lang-Ovalle, F., Ortega-Jiméne, E., & Arroniz, J. (2010). Características del sistema de producción bovinos de doble propósito en el estado de Morelos, México. *SciELO, 28*(3), 329-239.

Raygoza, L. A., Muro, A., & Díaz, L. H. (2012). Aceites esenciales modificadores de perfiles de fermentación ruminal y mitigación de metano en rumiantes. Revisión. *SciELO, 5*(1), 25-47.

Bastos, M. E., Damé, L. F., de Souza-Prestes, L., Almeida, D. B., Alves, M. R., & Braga de Mello, J. R. (2011). Actividad antimicrobiana de aceite esencial de Origanum vulgare L. ante bacterias aisladas en leche de bovino. *SciELO, 16*(3), 260-266.

Ruíz, T., Febles, G., Galindo, J., Savón, L., Chongo, B., Torres, V., . . . Zamora, A. (2014). Tithonia diversifolia, sus posibilidades en sistemas ganaderos. *Redalyc, 48*(1), 79-81.

Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. *SciELO, 11*(1), 2027-2040.

Dean, D. (2015). Importancia de las leguminosas en la alimentación de rumiantes. *Agrovet*.

Herrera, L. O., Coto, S., & Medina, A. (Octubre de 2010). *Uso de prebiticos y probioticos en la produccion animal.* Zootecnia: https://zootecnia.ucr.ac.cr/images/tesis/pdfs/herrera-chaves-luis-osvaldo-et-al.pdf

Pereira, V., Orjales, I., Rodríguez, R., Chapel, M., Domínguez, R., & Vázquez, P. (2016). EMPLEO DE PREBIÓTICOS Y PROBIÓTICOS EN ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES. *Produccion animal, 10*(16), 27.

Ortega-Cerilla, M., Martínez-Martínez, R., Vicente, R., García-Flores, E., Gómez-Vázquez, A., & Álvarez-Vázquez, P. (2019). Aditivos y nutraceúticos en nutrición y sanidad de rumiantes. *Investigacion y Ciecnia*.

6. ANEXOS

6.1 Marco teórico

6.1.1 Origen del bovino

Los bovinos es uno de los animales más antiguos, los cuales fueron domesticados hace más de 10.000 años en el Oriente medio, luego se desarrolló por el planeta. Al principio se lo usaba para el trabajo, producción de leche y carne. La carne y la leche de los bovinos se ha usado como alimento esencial para cubrir todas las necesidades de proteína en la dieta de los humanos. El bovino por ser un rumiante tiene la virtud de transformar las sustancias vegetales, las que el humano no tiene la capacidad de digerir en alimento de valor nutritivo (Chalate-Molina *et al*., 2010).

5.1.2 Taxonomía del bovino

Tabla 6.

Clasificación taxonómica

Reino	Animal
Clase	Mamífero
Orden	Artiodáctilos
Suborden	Rumiantes
Familia	Bóvidos
Subfamilia	Bovinos
Genero	Bison (búfalo europeo, búfalo americano)
	Bos
Especie	Bos frontales (gaur)
	Bos grunniens (yak)
	Bos javanicus (Banteng)
	Bos Taurus (bovinos domésticos)

Fuente: (Terán-Benalcázar, 2020)

5.1.3 Sistema digestivo de los Bovinos

Tabla 7.

Funciones del sistema digestivo de los Bovinos

Parte	Función
Boca	Es la parte que inicia el aparato digestivo, la cual es una cavidad

	alargada, tiene 2 coberturas, una por donde ingresa los alimentos y otra por la cual se conecta a la faringe.
Estomago	Es un saco que está conectado con el esófago y culmina en el duodeno, este está dividido en 4 compartimentos que se llaman rumen, retículo, omaso y abomaso.
Rumen	Este compartimento es el más grande del bovino, representando un 80% de la cavidad el estómago, en el rumen se encuentran diferentes microorganismos como bacterias, protozoos y hongos, en este se realiza un proceso de fermentación.
Retículo	Como principal función tiene que movilizar el alimento que digiere hacia el rumen o al omaso cuando regurgita del bolo alimenticio de la rumia.
Omaso	Está compuesto por pliegues musculares, tiene como función absorber agua, ácidos grasos volátiles, minerales, las partículas que son largas las atrapa en el pliegue de la pared para degradarlas, este moviliza el alimento al rumen y omaso al regurgitar.
Abomaso	Es similar al estómago de los monogástricos, secreta ácido clorhídrico y pepsina los cuales inicial el proceso de degradación de proteínas.
Intestino delgado	Tiene forma de tubo este conecta el estómago con el ciego, está colgando en la parte posterior de la cavidad abdominal con mediante un pliegue de peritoneo, tiene como nombre mesenterio. Este tiene una medida de 20 veces a la longitud del cuerpo del animal y su diámetro de 5 a 6 cm. El intestino delgado se encarga de la mayor parte de la absorción de los nutrientes, en este órgano se lleva a cabo la digestión proteica.
Intestino grueso	Este se encuentra ubicado en la parte derecha dorsal de la cavidad abdominal, su función principal es absorber agua y concentración de contenido intestinal, se forma por ciego, colon, recto.

Fuente: (Terán-Benalcázar, 2020)

5.2 Valor nutritivo

Es una cantidad de alimento que se le suministra al animal la cual tiene que ser adecuada para satisfacer los requerimientos y necesidades que tiene este animal. Una dieta balanceada conjuntamente con un manejo adecuado mejora la producción de leche, ganancia de peso y calidad de carne, reproducción y salud del animal (Intagri, 2021).

5.3 Requerimientos nutricionales

La nutrición depende de la energía (carbohidratos), proteína, vitaminas, minerales y

agua proporcionada en cantidades adecuadas según la edad del animal.

- Energía: ayuda a que el animal cumpla con sus funciones de crecimiento, mantenimiento y le genera calor.
- Proteína: cumple funciones vitales a su vez la de formar y hacer crecer los tejidos.
- Materia seca: por lo general se suele consumir de 2 al 3 % de MS según su peso vivo.
- Agua: dependen de ciertos factores como es la edad del animal, la producción si es de carne o de leche, el clima predominante de la zona y el consumo de materia seca. En terneros (5-15 l/d), novillos (15-35%), vacas lecheras (50-80 l/d), toros (70-100 l/d).
- Proteínas: Estas se deben administrar en la etapa de crecimiento y producción del animal, las proteínas digestibles o PD se recomiendan en vacas de producción de leche aproximadamente su suministro es de 70-100 gramos de PD por Kg de MS.
- Fibra: es indispensable para mejorar las funciones del rumen a su vez también mantiene los niveles óptimos de grasa en la leche.
- Vitaminas: se recomienda las A, D y E
- Minerales: Ca, P, Mg, Cb, Na, Co, Se, I.

5.3.1 Requerimiento de un ternero

Un ternero de unos 250 kg aproximadamente para lograr ganar unos 600 g al día requiere de 601 g de proteína, 21 g de calcio, también se les suministra 5 kilos de materia seca es un estimado de 2% del peso del animal. Un ternero necesita que se le suministre 250 mg diarios de sulfato de cobre (Chalate-Molina et al., 2010).

5.3.2 Requerimiento nutricional de una novilla

Una novilla por lo general necesita de materia seca un 2% al 3% de su peso vivo, con un requerimiento de agua diaria de 30 a 60 litros de agua por día. Las novillas

necesitan que se les suministre la cantidad de 2 mg de yodo al día (Chalate-Molina et al., 2010).

5.3.3 Requerimiento de un toro

Como requerimiento principal es suministrarle alimento alto en energía y de proteína estos alimentos nos sirven para ganar más masa muscular en el animal de engorde, al igual que todos los minerales y vitaminas. Con un requerimiento de agua diaria de 15 a 53 litros (Chalate-Molina *et al*., 2010).

5.3.4 Requerimiento de una vaca

En el ganado de leche la principal fuente de energía es el carbohidrato, la función principal que cumple es dar energía al microorganismo que se encuentran en el rumen y también al animal. Con un requerimiento de agua de unos 50 a 80 litros de agua por día (Chalate-Molina *et al*., 2010).

5.4 Gases de efecto invernadero

Los gases que se encuentran en la atmosfera y que atrapan radiación se los llama GEI gases de efecto invernadero los cuales son el metano (CH_4), el dióxido de carbono (CO_2) y el óxido nitroso (N_2O). El metano tiene como origen entérico este se produce de manera natural, como consecuencia del proceso de la digestión de los bovinos, es un subproducto de la descomposición microbiana (Luo *et al*., 2017).

Por lo generar todos los bovinos comen hierba y rumian, esto ocasiona una fermentación natural lo que produce metano, este lo sueltan mediante el eructo, ya que antiguamente pensaban que por medio de las flatulencias los bovinos excretaban el metano, pero en la actualidad mediante nuevos estudios se pudo determinar que las vacas expulsan el metano mediante los eructos. Los gases que se producen mediante la fermentación entérica es principalmente el CH_4 y CO_2 estos se forman como producto de la fermentación de la cantidad de carbohidratos que se le suministra en la alimentación, cuando los carbohidratos se degradan, en el rumen se forman los ácidos grasos volátiles (AGV), del cual se libera el H_2 este es un compuesto intermedio, el cual no se acumula, los microorganismos en el rumen lo usan inmediatamente, estos terminan formando el metano CH_4. Por este motivo las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), CH_4 y CO_2,

pueden variar dependiendo de la composición de la dieta que se le suministre al animal. Si los alimentos tienen un alto contenido de fibra, el animal va a ser suministrado con más carbohidrato, lo que quiere decir es que va a existir mayor emisión de CH_4 y se reduce la emisión de CO_2 (Luo *et al*., 2017).

La producción y emisión de los gases como NO_2 y CH_4 los que son provenientes de la defecación del bovino ósea del estiércol, siempre va a depender de lo que se le suministra al animal. El óxido nitroso es un subproducto de un proceso microbiano que ocurre en el suelo como la nitrificación y desnitrificación. El proceso de nitrificación es cuando ocurre una oxidación aeróbica del NH_4 amonio este proviene de las heces del bovino y es transformado a NO_3 nitrato, mediante el NO_2 nitrito intermedio. El proceso de la desnitrificación es cuando se redice heterotrófica anaeróbica del nitrato (NO_3) a (N_2) di-nitrógeno (Luo *et al*., 2017).

5.5 Microorganismos del rumen

El 60% a 90% del alimento que consume un rumiante es dirigido al rumen con la ayuda de bacterias, hongos, protozoarios y arqueas, el porcentaje que se degrada va a depender de las características fisicoquímicas del rumen, cual es el tipo de dieta, de la edad del follaje, etc. (Brooke *et al*., 2018).

5.6 Producción de metano en el rumen

Los rumiantes a nivel mundial producen 80 teragramos (Tg) de metano al año, los rumiantes producen metano por la fermentación entérica que ocurre en condiciones anaeróbicas, por una acción anaeróbica mediante la acción del microbiota que se encuentra en el rumen del animal. En el microbiota están las arqueas metanógenas, estos usan CO_2, h_2 y así se forma el CH_4 (Brooke *et al*., 2018).

En el rumen los polisacáridos se transforman a mono y oligosacáridos, en donde los microorganismos del rumen metabolizan estos azúcares mediante el glucolisis en piruvato para finalmente formar AGV, como acetato, butírico y propiónico. En la glicolisis y descarboxilación oxidativa del piruvato a acetil Coa los reducen en cofactores los cuales necesitan ser Re oxidados para así la fermentación continue. Los cofactores transfieren electrones a protones para formar H_2 dihidrógeno, que se transfiere desde organismos

fermentadores a Archaea metanógenicas las cuales utilizan el H_2 para así reducir el CO_2 a CH_4 (Brooke *et al*., 2018).

5.7 Aceites esenciales

Estos aceites tienen efecto de inhibir selectivamente los microorganismos hiper-productores de metano CH_4 así mejora el metabolismo como la proteína y almidón lo que genera una mayor producción de Ácidos Grasos de Cadena Corta (AGCC) como acido propiónico lo cual es muy abundante en especies vegetales.

Los aceites esenciales tienen una gran capacidad de reducir la degradación de proteínas, por ende, el nitrógeno (N_2) se degrada con mayor facilidad, lo que ejerce en la desaminación en el rumen por lo consiguiente disminuye la adherencia y colonización de bacterias proteolíticas a los sustratos (Degadillo-Ruiz *et al*., 2021)

5.8 Probióticos

Estos son productos formados por microorganismos vivos como hongos y levaduras, estos tienen un efecto benéfico en la fermentación del rumen, lo cual ocasiona que las bacterias en el rumen aumenten, promueve el crecimiento así se reduce la muerte que es ocasionado por el estrés post destete. Los probióticos aumentan la ganancia de peso, mejora la producción de leche, aumenta el consumo de alimento, genera un cambio en la producción de ácidos grasos volátiles (Gracia González, 2014).

5.9 Prebióticos

Son sustancias o productos los cuales no son absorbidos o hidrolizados cuando pasan por el aparato digestivo en cambio sirven como un sustrato de alimento a bacterias benéficas en el tracto intestinal, también pueden estimular el crecimiento de la actividad metabólica, pueden llegar a generar beneficios en el tracto intestinal e incluso en el nivel sistémico (Gracia González, 2014).

5.10 Forrajes

Los forrajes son muy efectivos para realizar mejoramiento genético, por que contienen metabolitos secundarios los cuales pueden ser taninos o saponinas estos pueden llegar a reducir el proceso metanogénico. Estos pueden tener un contenido de azúcar lo

cual afecta las bacterias ruminales las que producen metano (Lezcano-Más *et al*., 2016).

5.11 Biochar

El biochar se lo prepara quemando la cascara de arroz en una cocina gasificadora, el biocarbón tiene una acción en el rumen, tiene un gran potencial por que actúa como una ubicación mejorada para los consorcios microbianos, lo cual facilita la actividad microbiana, oxida el metano por parte de organismos metanotróficos (Thuy Hang *et al*., 2018).

5.12 Algas marinas

Estas representan un gran beneficio para suplementar la alimentación del ganado bovino ya que contiene minerales y cero toxinas, convirtiéndose en alimento con alto valor nutricional, de esta manera se logra reducir costos y fortificar la producción, a su vez reduce la fermentación ruminal y es considerado como uno de los aditivos naturales que logran reducir los gases de efecto invernadero en bovinos. (Roque *et al*., 2021).