Análisis documental sobre digestibilidad de materia seca y producción de gases con efecto invernadero en rumiantes alimentados con diferentes fuentes forrajeras.

Cuvi Cuenca Keyla Paola [1]
agp2017029@uea.edu.ec

Viñan Sarmiento Melany Abigail [1]
agp2017099@uea.edu.ec

Vargas Hidalgo Junior Stalin, M.Sc[2]
js.vargash@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Agropecuaria (1)

Resumen

El trabajo de investigación tuvo como objetivo realizar la compilación de información científica y técnica sobre la digestibilidad de materia seca y producción de gases con efecto invernadero en rumiantes alimentados con diferentes fuentes forrajeras, para lo cual se consultaron artículos de revistas indexadas en bases de datos especializadas con impacto nacional y mundial las principales fuentes consultadas fueron: La funcionalidad del rumen, producción de gas a partir de la biomasa vegetal, ensilaje de arbustivas forrajeras en la alimentación de rumiantes, degradación ruminal de dietas a base de biomasa pos-cosecha, comportamiento productivo de rumiantes, dentro de los criterios de selección se determinó utilizar principalmente investigaciones reportadas en los últimos 5 años. Se identificó la importancia del uso de fuentes forrajeras en la alimentación de los rumiantes como un potencial de manejo múltiple en sistemas de producción constituyendo una alternativa sostenible para la producción animal, siendo *Tithonia diversifolia y Acacia decurrens* fuentes principales de biomasa vegetal con ventajas multipropósito, de alto valor nutricional, buen aporte de proteína, minerales y carbohidratos solubles, adecuados para la alimentación animal (rumiantes, aves, conejos, cuyes), con alta digestibilidad de materia seca y alta fermentabilidad, presentando una baja producción de gases con efecto invernadero siendo amigable con el ambiente.

Palabras Clave: Ácidos grasos volátiles, cambio climático, forrajes, metano, rumiantes.

Abstract

The objective of the research work was to compile scientific and technical information on dry matter digestibility and greenhouse gas production in ruminants fed with different forage sources, for which articles from journals indexed in specialized databases were consulted. with national and global impact, the main sources consulted were: Rumen functionality, gas production from plant biomass, silage from forage shrubs in ruminant feed, ruminal degradation of diets based on post-harvest biomass, productive behavior of ruminants, within the selection criteria it was determined to use mainly research reported in the last 5 years. The importance of the use of forage sources in ruminant feeding was identified as a potential for multiple management in production systems, constituting a sustainable alternative for animal production, with Tithonia diversifolia and Acacia decurrens being the main sources of plant biomass with multipurpose advantages. high nutritional value, good supply of protein, minerals and soluble carbohydrates, suitable for animal feed (ruminants, poultry, rabbits, guinea pigs), with high digestibility of dry matter and high fermentability, presenting a low production of gases with greenhouse effect being friendly with the environment.

Keywords: Volatile fatty acids, climate change, forages, methane, ruminants.

1. INTRODUCCIÓN

La incidencia poblacional ha generado desarrollo político, económico y social a nivel mundial el requerimiento nutricional de individuos genera demanda cárnica en el mercado, se estima que del año 2000 al 2050 en Ecuador los canales de comercialización ascenderán de manera significativa específicamente de rumiantes, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) señala que las actividades pecuarias producen alrededor de 7.1 Gt de dióxido de carbono al año lo que representa el 14.5 % de las difusiones de gases con efecto invernadero (GEI) provocadas por la actividad humana (Meyerding, Gentz, Altmann & Meier, 2018; Cardona, Mahecha & Angulo, 2017; Barros-

Rodríguez et al., 2017; Carvajal, 2017).

La diversidad de especies vegetales como poáceas comprenden 12100 especies, también 19400 fabáceas perennes que presentan alto contenido proteico las mismas que aportan fijación de nitrógeno atmosférico al suelo y por ende contribuyen al mejoramiento de praderas, el alto contenido nutricional de estas especies favorecerían a mejorar los parámetros productivos de los bovinos, sin embargo la presencia de taninos disminuye el consumo voluntario y por consiguiente la digestibilidad de los nutrientes, de igual forma existen árboles que pueden contribuir a mejorar la alimentación de los rumiantes debido a su alto valor nutritivo, este tipo de especímenes contienen una variedad de metabolitos secundarios, que podría alterar la fermentación del rumen y, en consecuencia, reducir las emisiones de CH_4 (Barros-Rodríguez et al., 2017; Núñez, Torres et al., 2018;Mejía-Díaz et al., 2016; Goel, G.; Makkar 2012; Phaikaew, & Suksaran 2012).

La emisión cuantitativa de los gases de efecto invernadero específicamente en la digestibilidad de fuentes forrajeras dependerán de la composición bromatológica de la especie administrada en la alimentación animal.

El objetivo de esta revisión fue recopilar, analizar e interpretar información científica sobre la digestibilidad de materia seca y producción de gases con efecto invernadero en rumiantes alimentados con diferentes fuentes forrajeras.

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

Tipo de investigación

La presente investigación fue considerada como no experimental con modalidad exploratoria y documental; la misma presento un diseño transaccional descriptivo y exploratorio permitió incluir amplias revisiones bibliográficas de documentos enfocado al tema estudiado que poseen contenido y bibliografía científico-académica como en SCImago Journal Rank el cual garantiza la calidad de las publicaciones científicas.

Búsqueda de información bibliográfica

Para la presente investigación se realizó una revisión descriptiva de investigaciones

publicadas en Sede Web (internet), revistas indexadas (Scielo) en base de datos reconocidos (Redalyc), tesis doctorales, artículos científicos(Google académico), citas que describen los principales estudios de Digestibilidad de la materia seca y producción de gases en rumiantes alimentados con diferentes fuentes de forrajes, las estrategias de búsqueda asumirán como criterio de inclusión que las fuentes consultadas se identifiquen con el tema de estudio.

Criterios de selección

En la búsqueda de la información se usó varios criterios de inclusión, los cuales permitieron agilitar el trabajo de búsqueda en las plataformas académicas (Google Académico, ResearchGate y Scielo), separando a los artículos, tesis y documentos de validez científica con más relevancia e información acerca del tema a investigar, debido a la utilización de las palabras claves o conjugadas, permitieron más eficiencia y la sencillez al encontrar los temas de investigación.

Considerando la rapidez con la que se encontraba la información se establecieron los siguientes criterios:

- Palabras clave: Se considero en la búsqueda palabras específicas para encontrar la información solicitada, las cuales fueron las siguientes: Ácidos grasos volátiles, cambio climático, forrajes, metano, rumiantes.
- Para el trabajo se consideró tomar estudios de los últimos 5 años, puesto que se consideró que los trabajos realizados en ese lapso de tiempo son estudios más relevantes e innovadores que aportaron mejores resultados en la investigación.
- El número de estudios que se seleccionaron después de considerar el primer criterio, los cuales eran fuentes de rigurosidad científica, puesto a que tenían información primaria y secundaria.
- La característica para la selección de estos estudios se tomó en cuenta que tengan rigurosidad científica: Tesis y artículos científicos.
- Para la selección de los datos de los estudios examinados se tomó en cuenta las características de las especies vegetales.
- El criterio de inclusión nos permitió adjuntar documentos redactados y publicados

científicamente en el idioma de español e inglés.

Sistematización de la información

La sistematización de la información se basó en tablas resúmenes que permitió comparar y discutir los resultados de las investigaciones de varios autores.

Procedimiento para la recuperación de la información

- Búsqueda bibliográfica
- Criterios de selección
- Plataformas digitales, científicas, etc.
- Métodos para sistematización de la información

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Utilización de fuentes forrajeras en rumiantes

Las dietas administradas a los rumiantes se deben al suministro principal de fuentes forrajeras que constituyen plantas leñosas perennes, leguminosas y pasturas que contribuyen en un rango potencial del 70 % en el requerimiento del metabolismo animal (Sotelo et al., 2017).

Muchas de las especies forrajeras ubicados en estos sistemas, para pastoreo directo, corte y acarreo, o conservación han mostrado valores nutricionales superiores a las de gramíneas usualmente manejadas, además, estas variedades forrajeras, ofrecen varios servicios ambientales en las fincas, lo que aumenta la sostenibilidad de los sistemas productivos los cuales demuestran resultados adecuados de valores nutricionales para alimentación animal (Buitrago et al., 2018; Barros-Rodríguez et al., 2017).

La tipificación de uso de la biomasa vegetal de arbustos forrajeros estos resaltan por su imponderable calidad nutricional y debido que presentan alta producción de biomasa y buena palatabilidad, peculiaridades ideales para que un material forrajero pueda ser utilizado en metodologías de conservación (Carvajal y Cuesta, 2016).

El ensilaje es una alternativa de conservación de alimento que tiene un proceso de fermentación alcohólica, también tenemos el heno, debemos ser conscientes que las dos son técnicas de preservación de alimento de países de 4 estaciones, alternativas que

permiten la optimización recursos e innovación en las actividades productivas (Holguín et al., 2018; Rangel et al., 2019).

Características nutricionales generales de las fuentes forrajeras

Durante varios periodos de tiempos se ha relacionado directamente a la producción animal con la nutrición en rumiantes misma que se refleja en la condición corporal del animal y es imputada al consumo de energía, el consumo y tipo de proteína señalando tener un dominio en las respuestas productivas y reproductivas de los animales, considerando que los forrajes presentan los siguientes compuestos nitrogenados: 1) Compuestos solubles, principalmente aminoácidos libres, amidas, nitratos, aminas y ácidos nucleicos, 2) Compuestos no degradables en el rumen pero digestibles en el intestino, 3) Compuestos insolubles pero degradables en el rumen, principalmente nitrógeno proteico, 4) Compuestos nitrogenados indigestibles ligados a la lignina. La proporción de cada una de estas fracciones depende de la variedad, estacionalidad, entre otros factores (Escobar et al., 2019).

Por lo general en los sistemas ganaderos en el trópico de altura, la nutrición se basa en especies gramíneas como el *pasto kikuyo (C. clandestinus)*. Sin embargo, su disponibilidad y constitución es muy versátil debido principalmente a las diferencias estacionales que producen los elementos climáticos, como sequías o heladas; las cuales inciden negativamente en el desarrollo y vigor de las pasturas (AGROSAVIA, 2020; Vásquez, 2015).

La estacionalidad climática, que se ha acentuado en las últimas décadas sobre los territorios y ha provocado una sistemática disminución de nutrientes en las praderas; conllevando a desbalances nutricionales en los animales, y pérdida de la productividad en sistemas ganaderos; la destreza seria esparcir la producción de forrajes en algunas épocas del año, para producción de ensilajes de buena calidad, y proveer al ganado en épocas criticas (Cardona et al., 2019).

Los pastos y forraje son importante para la alimentación animal, aunque la cantidad de especies son variables de acuerdo a la región y al fin productivo del sistema ganadero, estas

juegan un papel muy importante dentro de los sistemas de alimentación para mejorar la producción de leche y carne (Gallego et al., 2014).

Ramos y Cortes, (2018), afirman que las especies forrajeras promisorias no forman un grupo específico en términos de su clasificación botánica, sino que incluyen un número elevado de especies leñosas perennes que tienen potencial forrajero, ya sea por su follaje o por sus frutos. La utilización de diversos arbustos forrajeros en los sistemas ganaderos ha permitido crear diferentes diseños o arreglos, donde los más utilizados en el trópico alto son bancos mixtos de forrajes para corté y transporte, cercas vivas multiestrato, además de presentarse actualmente sistemas silvopastoriles intensivos para ramoneo, setos productivos de biomasa, franjas en contorno etc.

Las especies forrajeras leñosas, donde se procura obtener la máxima producción de biomasa por unidad de área, al igual que nutrientes, especialmente proteína y carbohidratos solubles en la dieta, además de ofrecer estas especies para consumo directo de los animales, también son utilizados para la elaboración de ensilajes, debido a su buen contenido de MS, nivel de fibra moderada, buen aporte de minerales, y adecuado balance entre nitrógeno y energía en la dieta de rumiantes (Suárez et al., 2018).

La madurez fisiológica de la planta es un elemento importante para mostrar las particularidades nutricionales del cultivo a medida que se desarrolla las edades de corte, reduciendo los parámetros de degradación ruminal, debido a los componentes estructurales que contiene la pared celular, cuando una planta se cosecha a mayor edad, el contenido de nutrientes se reduce y se incrementan las fracciones fibrosas, esto permite obtener como resultado una mínima degradación ruminal (Ascencio-Rojas et al., 2018).

Sin embargo, al aspecto de los factores anti nutricionales en los forrajes pueden intervenir en la degradación de los nutrientes, además la relación hoja: tallo de un forraje está conexo con la edad de corte y, por ende, con su degradación encontraron que un forraje con mayor edad propicia una mayor lignificación y a su vez, obstaculiza su degradación (Dong et al., 2017; Barros-Rodríguez et al., 2017).

Hablando de términos nutricionales, varias investigaciones concernientes sobre forrajes

con altos contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), buen aporte de carbohidratos solubles, minerales, y moderada concentración de metabolitos secundarios. Arbustivas como *Tithonia diversifolia* presentan metabolitos secundarios que pueden generar cambios metabólicos y fisiológicos en los rumiantes, según la adaptación del animal y los mecanismos de respuesta del organismo (Estell, 2010).

Otros compuestos hallados en *Tithonia diversifolia*, son la catequina y saponinas (triterpenoides), los mismos que tienen una capacidad potencial en la reducción de la producción de gas en el rumen. Además, tienen otras propiedades necesarias para ser implementados con fines de alimentación animal y métodos de conservación forrajera, estos resultados investigativos son variados, por lo cual en la Tabla 1, se presenta la Descripción y Composición bromatológica de algunos forrajes implementados en la alimentación de los rumiantes (Gallego et al., 2014; Cardona et al., 2017).

Tabla 1: Descripción y Composición bromatológica de algunos forrajes implementados en la alimentación de los rumiantes.

Especie	Atributos	MS	PC	CN	FDN	FDA	Referencias
Tithonia diversifolia	Arbusto multipropósito, de alto valor nutricional, buen aporte nutricional, con alta digestibilidad de materia seca y alta fermentabilidad.	14.5	12.1	10.89	57.1	56.7	Villegas et al., (2017)
Sambucus nigra	Árbol/arbusto tolerante a heladas, con adecuados valores nutricionales de proteína y carbohidratos solubles para alimentación animal.	18.3	26.51	13,9	14.84	24,8	AGROSAVIA, (2020)
S. peruviana	Es un arbusto multipropósito con resistencia a heladas fuertes, con follaje de buena composición nutricional, buen aporte de nitrógeno adecuada digestibilidad en rumiantes.	20.1	13,4	10,04	23,1	34,8	Rojas, J. A. (2019)
Smallanthus pyramidalis	Es un arbusto multipropósito utilizado para forraje, con alto potencial de aceptabilidad para alimentación animal. Además de ser una especie adecuada para reforestación de cuencas y control de erosión.	12,8	17,9	17,3	43,2	21,3	Escobar *et al*., (2019)
Acacia decurrens	Especie arbórea leguminosa, con potencial para uso en sistemas de producción ganadera para producción de leche. Las hojas llegan a ser comestibles en rumiantes.	44,4	17,8	4.02	51,1	37,9	Pineda, (2017)

En la tabulación la información adjunta se refiere a la utilización de fuentes forrajeras de gran aporte en la nutrición animal. En la utilización de raciones alimenticias a base de gramíneas, metabólicamente pueden presentar un déficit de energía, contienen altos porcentajes de proteína, pero baja presencia de carbohidratos solubles (Gallego et al., 2014).

En los sistemas ganaderos de trópico, el incremento de la fertilización nitrogenada se debe al alto contenido de nitrógeno no proteico en el forraje, incluido la proteína verdadera que se degrada en el rumen presentando una alta concentración de carbohidratos no estructurales de la ración, estos conllevan a un nivel inferior de síntesis microbiana lo cual ocasiona una disminución productiva del ejemplar (Flórez y Correa, 2017).

El factor climático incide en la producción de forrajes debido a las modificaciones de innovación genética que han atribuido a que tengan adaptabilidad y residencia en zonas que presentan cambios climáticos (Ramírez et al., 2017).

Tabla 2. Investigaciones de digestibilidad y producción de gases en rumiantes alimentados con diferentes fuentes forrajeras.

INVESTIGACIÓN	Referencias
Degradación ruminal de dietas a base de biomasa pos-cosecha de *Amaranthus cruentus*: efecto sobre los protozoos del rumen y producción de gas in vitro	M. Barros-Rodríguez et al., 2017
Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas in vitro de arvenses con potencial forrajero	M. Barros-Rodríguez et al., 2017
Comportamiento productivo, degradación ruminal y producción de gas in vitro en ovinos alimentados con dietas a base de residuos pos-cosecha de *Chenopodium quinoa*	Núñez Torres et al 2018
Degradación ruminal *in vitro* en *Tithonia diversifolia*	Meza-Bone et al 2022
Digestibilidad *in vivo* sobre el efecto de frecuencia de corte de *Moringa oleifera* en caprinos	Chávez-García et al., 2020
Effect of the cutting age of *Brachiaria decumbens* on rumen functions and *in vitro* gas production	M. Andino et al 2019

En el trabajo de composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas in vitro de arvenses con potencial forrajero según Barros-Rodríguez et al., (2017) señala que los ensayos realizados con forrajes arvenses presentan una composición química igual o a veces altas a los forrajes, esto se debe a que estas se adaptan mucho mejor al medio ya que se desarrollan y a la vez compiten con las plantas cultivadas ya que estas presentan características de plantas C4 que reducen al mínimo la fotorrespiración con mayor poder fotosintético y crecimiento.

La disminución del contenido de fibra en los forrajes arvenses se lo vincula con la fase fisiológica de las arvenses (forraje tierno), la alta ganancia de peso se la relaciona con el consumo voluntario de nutrientes y posiblemente a la menor producción de gas en los animales lo cual mejora la utilización de la energía por parte del animal (Barros-Rodríguez et al., 2014).

La procreación de gas in vitro se debe a los compuestos secundarios ya que estos perfeccionan el flujo de proteína microbiana y menoran la metanogénesis como es el caso de las saponinas (Mona et al., 2018).

Galindo (2014), menciona que el uso de un 0.012% de saponinas menora el CH_4 por lo cual este tiene la capacidad de separar los iones de 4 hidrogeno de los organismos metanogénicos, por lo tanto, esto disminuye el tiempo de retención ruminal y una baja digestibilidad de fibra.

Uso de las fuentes forrajeras con respecto al cambio climático

La calidad del forraje vegetal o materia seca administrada en la alimentación de rumiantes pueden influenciar en los parámetros productivos. En el rumen la síntesis y producción de gases de efecto invernadero como el metano (CH_4), por medio de organismos metanogénicos que no tienen núcleos ni órganos separados por membranas y por lo tanto son un grupo muy antiguo de organismos, y su consecuente emisión al ambiente principalmente en forma de eructo (Cardona et al., 2017).

Por otro lado, el óxido nitroso (N2O) presenta un potencial de calentamiento mayor que el CH_4, el cual oscila entre 290 y 296 y una vida media de 100 años. En los métodos de

alimentación basados en hierba seca de regular calidad, donde haya exceso de fibra y nitrógeno, y menor contenido de carbohidratos solubles, se favorece un pH ruminal básico y poca digestibilidad, lo que haría que disminuya la eficacia de fermentación ruminal, provocando mayor producción de CH_4 entérico (Costantini et al., 2018; Martín et al.,2017).

La producción de CH_4 por parte de rumiantes es inherente al animal, sin embargo, esto depende de varios factores como la edad, raza, y/o estado fisiológico; por lo cual algunos autores concuerdan que las raciones alimenticias ayuden a un adecuado balance proteico energético en el rumen para así disminuir la producción de CH_4(Cardona et al., 2019).

Las especies forrajeras presentan contenidos moderados de metabolitos secundarios, lo cual muestra una determinada forma de crecimiento y desarrollo que a su vez orientan para la manera eficiente de su uso y explotación nutricional de estas especies para ser asociados en los sistemas de alimentación bovina del trópico alto andino (Cardona et al., 2017; Londoño et al., 2019; Guatusmal et al., 2020).

Carvajal y Cuesta (2016), detectaron contenidos de taninos de 0,08% en S. nigra; esto se relaciona con lo expresado por Fonseca y Rodríguez (2019), donde afirmaron que es una especie con adecuadas propiedades antioxidantes, lo cual permite reducir la emisión de CH_4 en la atmósfera. encontraron en *Tithonia diversifolia* 1,4 g/kg MS de taninos y 4,5 g/kg MS de saponinas, y atribuyen la disminución de metano en un trabajo in vitro a estos metabolitos encontrados en la especie (Cardona et al.,2017)

Importancia del uso de forrajeras arbustivas en sistemas de producción pecuaria

La utilización de leguminosas como un alimento balanceado aumenta el costo en los sistemas de producción, siendo así preexisten especies arbóreas y arbustivas que presentan mayor cantidad de biomasa con alto valor nutritivo que representa una disyuntiva al progreso de la producción animal sostenible (Mejía-Díaz et al., 2016; Rodríguez-García, 2017).

A pesar de esta riqueza, estas vegetaciones escasamente se utilizan como alimento para los rumiantes. El rendimiento productivo de los rumiantes se debe al valor nutricional de la

dieta que consumen. La degradabilidad ruminal de los alimentos puede estar relacionada con su composición química y su etapa fisiológica (Barros-Rodríguez et al., 2017; Valenciaga et al., 2018).

Algunos autores informan que *Tithonia diversifolia* la caracterizan por el alto contenido de nitrógeno total, dominante proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica y menor contenido de fracciones fibrosas (Rodríguez-García, 2017).

Los bancos forrajeros mixtos, cercas vivas multiestrato o franjas en contorno, ayudan a la adquisición de biomasa, la cual es utilizada para los procesos de conservación de forrajes. Ya que el potencial nutricional de especies forrajeras leñosas en métodos de alimentación ganadera del trópico altoandino; en las investigaciones aún existen vacíos en cuanto al uso estas especies para técnicas de ensilajes, y respuesta animal (Londoño et al., 2019; Holguín et al., 2018:).

Fuentes forrajes utilizados en ensilajes

El sistema campesino tradicional es supuestamente insostenible, por lo cual las fincas con un enfoque de producción integral tienen mayor oportunidad de desarrollo en el tiempo ya que tienden a la sustentabilidad. Este modelo de fincas agrega alternativas productivas que perfeccionan en su conjunto, el sistema y el sustento de los campesinos. Las tendencias hacia la sostenibilidad agrícola se deben principalmente a un mejor uso de la tierra (Muñoz Espinosa, 2016).

Los ensilajes asociados presentan ventajas, esto debido al cruce de recursos forrajeros lo cual mejora el balance de nutrientes presente en el ensilaje, ya que estos originan una mejor dinámica de fermentación del material, la estrategia de ensilar recursos forrajeros mixtos se debe a la disminución de oferta de nutrientes en las gramíneas , por lo ende se caracteriza por su alto contenido de carbohidratos estructurales y proteína, a expensas de los carbohidratos solubles, lo que afecta la acidificación del material (Londoño et al., 2019).

4. CONCLUSIONES

Los forrajes de *Tithonia diversifolia y Acacia decurrens* son fuentes de biomasa promisorios en los diferentes pisos climáticos como una fuente nutritiva y materia seca considerando que si son utilizadas en edades optimas disminuye la producción de GEI considerando un buen aporte nutricional para alimentación animal, con alta digestibilidad de materia seca y fermentabilidad, presentando una baja producción de gas de efecto invernadero siendo amigable con el ambiente.

En las investigaciones reportadas se logra identificar variables específicas que mejoran la digestibilidad de los nutrientes y la disminución de la producción de gases de efecto invernadero, también el ahorro de energía proporciona mayor eficiencia en la producción de carne y leche dentro de los sistemas ganaderos.

REFERENCIAS

AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). (2020). *Medición de grados brix como herramienta para conocer el potencial nutricional en arbustos forrajeros*. Https://Www.Agrosavia.Co/Noticias/Medici%C3%B3n-de-Grados-Brix-Como-Herramienta-Para-Conocer-El-Potencial-Nutricional-En-Arbustos-Forrajeros. [Links]

Apráez Guerrero, José Edmundo y Gálvez Cerón, Arturo Leonel (2019) *Alternativas alimentarias para la producción pecuaria del trópico alto de Nariño*. ISBN: 978-958-8958-85-9 Editorial de la Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/6115

Ascencio-Rojas, L., Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E., & Ibrahim, M. (2018). *In situ ruminal degradation and effective degradation of foliage from six tree species during dry and rainy seasons in Veracruz, Mexico.* Agroforestry Systems, 93, 123–133. http://doi.org/10.1007/s10457-018-0184-z

Barros-Rodríguez M, Sandoval-Castro CA, Solorio-Sánchez J, Sarmiento-Franco LA, Rojas-Herrera R, Klieve AV. 2014a. Leucaena leucocep hala in ruminant nutrition. Trop Subtrop Agroecosyst 17: 173-183.

Barros Rodríguez, V Rovalino Núñez, O Núñez Torres, R Mera Andrade, J Artieda Rojas, L Vaca Freire, S Curay Quispe, P Ortiz Tirado, J Solorio Sánchez1 y J Iraola2 (2017) *Composición química, cinética de degradación ruminal y producción de gas in vitro de arvenses con potencial forrajero*. Livestock Research for Rural Development 29 (4) 2017

Becholie, D.; Tamir, B.; Terrill, TH; Singh, BP; Kassa, H. *Idoneidad del tagasaste (Chamaecytisus palmensis L.) como fuente de suplemento proteico para la alimentación de corderos con heno de pasto tropical. Pequeño Rumen.* Res. 2005,

56, 55–64. [Google Académico] [CrossRef]

Bergen, W. (1977*). Factors affecting growth yields of microorganisms in the rumen. Tropical Animal Production*, 4 (1), 13-20 Recuperado de http://www.fao.org/waicent/Faoinfo/agricult/AGA/AGAP/FRG/TAP41/4_1_2.PDF

Buitrago, M. E., Ospina, L. A., & Narváez, W. (2018). *Alternativa en la mitigación y adaptaciónde la producción bovina al cambio climático. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, *22*(1), 31-42. http://dx.doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2 [Links]

Cardona, L., Mahecha, L., & Angulo, A. (2017). *Efecto sobre la fermentación in vitro de mezclas de Tithonia diversifolia, Cenchrus clandestinum y grasas poliinsaturadas.* Agronomía Mesoamericana, 28(2), 405-426. http://dx.doi.org/10.15517/ma.v28i2.25697 [Links]

Cardona Iglesias, J. L., Castro Rincón, E., Valenzuela Chiran, M., Hernández Oviedo, F., & Avellaneda Avellaneda, Y. (2019*). Efecto del ensilaje de avena sobre la productividad de vacas lactantes en Nariño-Colombia* / Effect Of Oat Silage On Lactanting Cow In Nariño-Colombia. *Revista Científica FVC-LUZ*, *29*(3), 165-177. http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/46700. [Links]

Canul-Solís, J.; Campos-Navarrete, M.; Piñeiro-Vázquez, A.; Casanova-Lugo, F.; Barros-Rodríguez, M.; Chay-Canul, A.; Cárdenas-Medina, J.; Castillo-Sánchez, L. *Mitigación de Emisiones de Metano Ruminal con Follaje y Vainas de Árboles Tropicales.* Animales 2020, 10, 843. https://doi.org/10.3390/ani10050843

Carvajal, T., & Cuesta, A. (2016). Conservación y composición nutricional del follaje de sauco (Sambucus nigra). *Pastos y Forrajes*, *39*(2), 125-132. https://www.researchgate.net/profile/Aurora_Cuesta_Peralta/publication/317513696_Conservacion_y_composicion_nutricional_del_follaje_de_sauco_Sambucus_nigra/links/595ce87c45851524687a4ff2/Conservacion-y-composicion-nutricional-del-follaje-de-sauco-Sambucus [Links]

Chávez-García, Debbie;Acosta-Lozano, Nestor; Andrade-Yucailla Verónica. (2020). *Digestibilidad in vivo sobre el efecto de frecuencia de corte de moringa oleifera en caprinos*. UNIVERSIDAD, CIENCIA y TECNOLOGÍA Numero Especial Nº 01 2020 (pp. 69-73)

Corrales, Lucia Constanza, Antolinez Romero, Diana Marcela, Bohórquez Macías, Johanna Azucena, & Corredor Vargas, Aura Marcela. (2015). *Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta*. Nova, 13(24), 55-81. Retrieved June 26, 2021, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-24702015000200007&lng=en&tlng=es.

Costantini, A., Perez, M. G., Busto, M., González, F. A., Cosentino, V. R., Romaniuk, R. I., & Taboada, M. A. (2018). *Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la Producción Ganadera*. *Ciencia e Investigación*, *68*(5), 47-54. https://doi.org/HFHGEGEGEEE [Links]

DeRamus, HA; Clemente, TC; Giampola, DD; Dickison, PC. *Emisiones de metano del ganado vacuno en los forrajes: Eficiencia de los sistemas de gestión del pastoreo.* J. Medio Ambiente. Cal. 2003, 32, 269–277. [Google Académico] [CrossRef] [PubMed]

Dong, S. -Z., Azarfar, A., Zou, Y., Li, S. -L., Wang, Y. -J., & Cao, Z. -J. (2017). *Effects of*

sequence of nylon bags rumen incubation on kinetics of degradation in some commonly used feedstuffs in dairy rations. Journal of Integrative Agriculture, 16(1), 162–168. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61438-7

Escobar, L. D., Guatusmal, C., Meneses, D. H., Cardona, J. L., & Castro, E. (2019). *Evaluación de estratos arbóreos y arbustivos en un sistema silvopastoril en el trópico altoandino colombiano. Agronomía Mesoamericana, 30*(3), 803-819. http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i3.35645 [Links]

Estell, R. (2010). Coping with shrub secondary metabolites by ruminants. *Small Ruminant Research, 94*(1-3), 1-9. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.09.012 [Links]

Flórez, L., & Correa, H. (2017). *Efecto del tercio de lactancia y la época del año sobre el consumo de materia seca en vacas Holstein pastoreando kikuyo. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, *12*(3), 181-194. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1900-96072017000300181&script=sci_abstract&tlng=pt. [Links]

Fonseca-López, D., Salamanca-López, A. E., Niño-Monroy, L. E., Rodríguez-Molano, C., Hoyos-Concha, J. L., Otero-Ramírez, I. D., & Torres Lagos, N. (2019). *Caracterización nutricional y de producción de biomasa de Sambucus peruviana, Sambucus nigra y Morus alba en un banco forrajero.* Ciencia en Desarrollo, 10(2), 23-32. https://doi.org/10.19053/01217488.v10.n2.2019.9098

Galindo J, González N, Marrero Y, Sosa A, Ruiz T, Febles G, Torres V, et al. 2014. *Effect of tropical plant foliage on the control of methane production and* in vitro *ruminal protozoa population*. Cuban J Agr Sci 48: 359-364.

Gallego, L. A., Mahecha, L., & Angulo, J. (2014). *Potencial forrajero de Tithonia diversifolia Hemsl: A Gray en la producción de vacas lecheras. Agronomía Mesoamericana, 25*(2), 393-403. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000200017 [Links]

Goel, G.; Makkar, HPS Mitigación de metano de rumiantes utilizando taninos y saponinas. *trop. Animación Salud Prod.* **2012** , *44* , 729–739. [**Google Académico**] [**CrossRef**]

Guatusmal, C., Escobar, L. D., Meneses, D. H., Cardona, J. L., & Castro, E. (2020). *Production and quality of Tithonia diversifolia and Sambucus nigra high andean colombian tropic. Agronomía Mesoamericana, 31*(1), 193-208. http://dx.doi.org/10.15517/am.v31i1.36677 [Links]

Holguín, V., García, I., & Mora, J. (2018). *Árboles y arbustos para silvopasturas: uso, calidad y alometría* (Sello Editorial Universidad de Tolima (ed.)). Ibagué, Tolima. https://www.researchgate.net/profile/Jairo_Mora-Delgado/publication/326720362_Arboles_y_arbustos_para_silvopasturas/links/5b6090f6458515c4b256c0f3/Arboles-y-arbustos-para-silvopasturas.pdf [Links]

Joblin, K. (1981). *Isolation, enumeration and maintenance of rumen anaerobic fungi in roll tubes. Applied and Environmental Microbiology*, 42 (6), 1119-1122. Recuperado de http://aem.asm.org/content/42/6/1119.short

Johnson, K. & Johnson, D. (2000). *Methods of manipulating the microbial metabolism in the rumen.* Journal of Animal Science, 49 (3), 231-253. Recuperado de http://animres.edpsciences.org/articles/animres/ref/2000/03/z0305/z0305.html

Krause, D., Denman, S., Mackie, R., Morrison, M., Rae, A., Attwood, G., & McSweeney, C. (2003). *Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics*. FEMS Microbiology Reviews, 27 (5), 663–693. Recuperado de https://academic.oup.com/femsre/article/27/5/663/512631/Opportunities-to-improvefiber-degradation-in-the

León-Andrade, A. y Barros-Rodríguez, M. (2017). *Efecto del consumo de dietas a base de residuos postcosecha de Theobroma cacao sobre las funciones ruminales en bovinos* (*tesis de pregrado*). Universidad Técnica de Ambato, Tungurahua, Ecuador

Londoño, J., Mahecha, L., & Angulo, J. (2019*). Desempeño agronómico y valor nutritivo de Tithonia diversifolia (Hemsl.)* A Gray para la alimentación de bovinos. *Revista Colombiana de Ciencia Animal Recia*, *11*(1), 28-41. http://dx.doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693. [Links]

Liu, J., Zhang, M., Xue, C., Zhu, W., & Mao, S. (2016). *Characterization and comparison of the temporal dynamics of ruminal bacterial microbiota colonizing rice straw and alfalfa hay within ruminants.* American Dairy Science Association, 99, 1-14. Recuperado de http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030216306592

M. Andino, M. Barros-Rodríguez,*, J.C. Vargas Burgos1 , V. Andrade-Yucailla1 , Nestor Acosta-Lozano3 , R. Aragadvay-Yungán2 and S. Mayorga-Paredes 2019. *EFFECT OF THE CUTTING AGE OF Brachiaria decumbens ON RUMEN FUNCTIONS AND in vitro GAS PRODUCTION*. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 22 (2019): 803 – 809

Martín, C.; Morgavi, DP; Doreau, M. *Mitigación de metano en rumiantes: del microbio a la escala de la granja.* Animal 2017, 4, 351–365. [Google Académico] [CrossRef] [PubMed]

McAllister, T., Bae, H., Jones, G. & Cheng, K. (1994). *Microbial attachment and feed digestion in the rumen.* Journal Animal Science, 72, 3004-3018. Recuperado de http://ajas.info/journal/view.php?doi=10.5713/ajas.2013.13217

Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2016). Tithonia diversifolia: especie para ramoneo en sistemas silvopastoriles y métodos para estimar su consumo. Agronomía Mesoamericana, 28(1), 289–302. http://doi. org/10.15517/am.v28i1.22673

Meyerding, S. G. H., Gentz, M., Altmann, B., & Meier-Dinkel, L. (2018). *Beef quality labels: A combination of sensory acceptance test, stated willingness to pay, and choice-based conjoint analysis.* Appetite, 127, 324333. https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.05.008

Meza-Bone et al.: Degradación ruminal in vitro en Tithonia diversifolia Ørskov, E.R. (2022).

MonaM.Y.Elghandour[a]IdaliaRodríguez-Ocampo[a]ArmandoParra-Garcia[a]Abdelfattah Z.M.Salem[a]RalfGreiner[b]OfeliaMárquez-Molina[c]MarcosBarros-Rodríguez[d]AlbertoBarbabosa-Pilego[a] (2018). *Biogas production from prickly pear cactus containing diets supplemented with* Moringa oleifera *leaf extract for a cleaner environmental livestock production.* Journal of Cleaner Production. vol 185. pp 547-553

Muñoz-Espinosa Manolo, Jorge Artieda-Rojas, Santiago Espinosa-Vaca, Segundo Curay-Quispe, Marco Pérez-Salinas, Oscar Nuñez-Torres, Rafael Mera-Andrade, Hernán Zurita-Vásquez, Giovanny Valátegui-Espin, Pedro Pomboza-Tamaquiza, Anselmo Carrasco-Silva, Marcos Antonio Barros-Rodríguez (2016) ***GRANJAS SOSTENIBLES: INTEGRACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS.*** Tropical and Subtropical Agroecosystems, 19 (2016): 93-99

Núñez-Ramos, PA., García-Lagombra, G., Caridad del Rosario, J. y Asencio-Cuello, V.J. (2021). *Mediciones de óxido nitroso (N2O) en suelo manejado bajo pastoreo con bovinos de leche Terra.* Latinoamericana, vol. 39, e813, 2021. DOI: https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.813}

Núñez Torres, O. P., Barros Rodríguez, M., Sanchez, D., y Guishca-Cunuhay, C. (2018). Comportamiento productivo, degradación ruminal y producción de gas in vitro en ovinos alimentados con dietas a base de residuos pos-cosecha de Chenopodium quinoa. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 29(3), 765-773.

Phaikaew, C.; Suksaran, W.; Ted-Arsen, J.; Nakamanee, G.; Saichuer, A.; Seejundee, S.; Kotprom, N.; Shelton, HM Incidencia de toxicidad subclínica en cabras y vacas lecheras que consumen leucaena (*Leucaena leucocephala*) en Tailandia. *Animación Pinchar. ciencia* **2012** , *52* , 283–286. [**Google Académico**] [**CrossRef**]

Piñeiro-Vázquez, AT; Canul-Solís, JR; Alayón-Gamboa, JA; Chay-Canul, AJ; Ayala-Burgos, AJ; Aguilar-Pérez, CF; Solorio-Sánchez, FJ; Ku-Vera, JC. *Potencial de los taninos condensados para la reducción de emisiones de metano entérico y su efecto en la productividad de los rumiantes.* Archivos de Medicina Veterinaria 2015, 47, 263–272. [Google Académico] [CrossRef]

Piñeiro AT, Ayala AJ, Chay AJ, Ku JC. 2018. *Dry matter intake and digestibility of rations replacing concentrates with graded leves of Enterolobium cyclocarpum in Pelibuey lambs.* Tropical Animal Health Production 45: 577–583.

Primavesi O, Shiraishi RT, Dos Santos M, Aparecida M, Teresinha T, Franklin P. *Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras.* Pesq agropec bras, 2004 39 (3): 277-283.

Ramírez, J. R., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecía, D., Chacón, E., Arceo, Y., & Uvidia, H. U. (2017). *El clima y su influencia en la producción de los pastos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, *18*(6), 1-12. https://www.redalyc.org/pdf/636/63651420007.pdf. [Links]

Ramos, L., & Cortes, S. (2018). *Caracterización nutricional y antinutricional de algunas especies forrajeras promisorias para alimentación animal en el municipio de Pasto*. *(Tesis de Especialización*). [Escuela de Ciencias Agrarias, Pecuarias y del Medio Ambiente - Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. https://repository.unad.edu.co/handle/10596/18200. [Links]

Rangel, J., Ledesma, L., & Arizala, J. (2019). Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, *30*(3), 899-915. https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136. [Links]

Reverdecimiento, C.; Geier, R.; Wang, C.; Maderas, LC; Morales, SE; McDonald, MJ; Rushton-Green, R.; Morgan, XC; Koike, S.; Leahy, Carolina del Sur; et al. *Diversas vías de producción y consumo de hidrógeno influyen en la producción de metano en los rumiantes.* ISME J. 2019, 13, 2617–2632. [Google Académico] [

CrossRef]

Rodríguez-García, I. (2017). Potencialidades de Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray en la alimentación animal. Livestock Research for Rural Development, 29(4), Artículo 63. http://www.lrrd.org/lrrd29/4/idal29063.

Salazar, A., (2016). E*fecto de la suplementación con vaina de Enterolobium cyclocarpum Jacq. Griseb. En la ganancia de peso y producción de metano en ovino de pelo Tesis de Maestria.* Universidad del Mar. Oaxaca, Mexico.

Sánchez, L., Amado, G., Criollo, P. J., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L. M., & Barreto, L. (2010). *El sauco (Sambucus nigra) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de paraderas en el trópico alto colombiano*. http://hdl.handle.net/20.500.12324/13488. [Links]

Sotelo, M., Suárez, E., Álvarez, J. C., Castro, F., Calderón, A., & Arango, V. H. (2017). *Sistemas sostenibles de producción ganadera en el contexto amazónico Sistemas silvopastoriles: ¿una opción viable?*https://hdl.handle.net/10568/89088. [Links]

Suárez, J., Ayala, K., & Gomez, J. C. (2018). *SISTEMAS SILVOPASTORILES INTENSIVOS - SSPi* (M. Chaves (ed.); 1st ed.). http://ganaderiacolombianasostenible.co/web/wp-content/uploads/2018/06/SISTEMAS-SILVOPASTORILES-SSPi_baja.pdf. [Links]

Valenciaga, D., López, J. R., Galindo, J., Ruíz, T., & Monteagudo, F. (2018). *Cinética de degradación ruminal de materiales vegetales de Tithonia diversifolia recolectados en la región oriental de Cuba*. Livestock Research for Rural Development, 30(11), Artículo 186. http://www.lrrd.org/lrrd30/11/daiky30186.

Vásquez, M. (2015). *Introducción, Repositorio digital Universidad del Sur*. http://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/123456789/2122/2/Vasquez-Maria-Cap1-4.pdf. [Links]

Villegas, G., Montoya, S., Rivera, J., & Chara, J. (2017). Implementación del ensilaje de Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. *Gray en vacas de mediana producción y su efecto en la producción y composición de la leche Implementation of Tithonia diversifolia (Hemsl.) A. Gray*. (Aportes de la Ganadería a los Objetivos. *IX Congreso Internacional de Sistemas Silvopastoriles . Congreso Llevado a Cabo En Manizales, Colombia.*,
6. https://www.researchgate.net/profile/Julian_Rivera2/publication/319650221_Implementacion_del_ensilaje_de_Tithonia_diversifolia_Hemsl_A_Gray_en_vacas_de_mediana_produccion_y_su_efecto_en_la_produccion_y_composicion_de_la_leche/links/59b7e36f0f7e9bd4a7fef4f [Links]

Williams, SRO; Ana, MC; Jacobs, JL; Gales, WJ; Moate, PJ. *Los ácidos grasos volátiles en el fluido ruminal pueden usarse para predecir el rendimiento de metano de las vacas lecheras.* Animales 2019, 9, 1006. [Google Scholar] [CrossRef]

ANEXOS

A nivel mundial la preocupación por entidades públicas y la población se debe a la disminución de la capa de ozono también el aumento precipitado del calentamiento global

que se está viviendo en estos años, debido al uso indiscriminado de los recursos naturales y la biodiversidad del planeta.

Exclusivamente el sector pecuario en la superficie terrestre ocupa el 26 % de pastoreo y producción de forrajes esto requiere cerca de una tercera parte del total de la superficie agrícola. El uso indiscriminado de sustancias químicas causa la degradabilidad del suelo, limitan el potencial productivo debido al bajo nivel de fertilidad del suelo, toxicidad del personal, restricción de la flora y fauna a los ecosistemas (León y Barros, 2017).

Piñeiro et al. (2018), menciona que la producción ganadera genera el 18% de emisiones de gases de efecto invernadero como lo son el metano (CH_4), bióxido de carbono (CO_2), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos, (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF_6) y la industrialización animal representa el 70%.

Específicamente la funciones ruminales se debe a la eficiencia de los procesos fermentativos la acción directa de los microorganismos de la flora ruminal, que producen enzimas fibrolíticas en una cámara cerrada anaerobia; sin embargo, la digestibilidad de la fibra en el rumen no es total, ya que en las heces bovinas presentan residuos de fibra digestible, por este motivo se buscan alternativas que mejoren la degradación de los nutrientes, mediante la manipulación de la ecología ruminal (Krause et al., 2003).

En la ecología ruminal para el mejoramiento y modificación se debe comprender que se encuentra conformada también el comportamiento de cada microorganismo; la mayor parte de la población microbiana se encuentra conformada por *Fibrobacterias Gram-negativas*, como *Fibrobacter succinogénes,* y dos especies de bacterias Gram-positivas *Ruminococcus albus* y *flavefaciens*, y *Butyrivibrio fibrisolvens,* que tienen un papel central en la digestión; tambien el microorganismo *Prevotella ruminicola,* el cual no se consideran como una bacteria altamente celulítica, pero desempeña un papel significativo en el metabolismo de las proteínas y péptidos además, de bacterias, existen hongos como el *Neocallimastix sp.* de gran importancia a nivel ruminal (Liu et al., 2016).

Las concentraciones de las poblaciones microbianas que viven en el rumen en anaerobiosis son de 1010/ml bacterias, 106 /ml protozoarios y 104 /ml hongos, estas 9 concentraciones permiten que se mantenga un estado de simbiosis adecuado en el ambiente ruminal (Salazar, 2016).

El óptimo desarrollo de los microorganismos de crecimiento lento, tales como los hongos y protozoarios ruminales que habitan en concentraciones adecuadas, el alimento digerido por el rumiante permanezca en el rumen de 48 a 72 horas. Mientras que los tiempos de multiplicación microbiana varían de 5 a 14 horas para los protozoarios y de 24-30 horas para los hongos. (McAllister et al., 1994; Bergen, 1977; Joblin, 1981).

Degradación y digestibilidad ruminal

Los carbohidratos y las proteínas son los principales sustratos degradados por los microorganismos ruminales, y de estos se obtendrá la energía y compuestos nitrogenados para el mantenimiento, crecimiento y producción del animal.

Los carbohidratos estructurales o fibrosos (celulosa, hemicelulosa y peptina), siendo los componentes de la pared celular a excepción de la lignina, que no logra ser degradada de manera precisa, y no estructurales o no fibrosos, que no forman parte de la estructura vegetal (azucares simples, hidratos de carbono de reserva y ácidos orgánicos), las enzimas propias no son capaces por sí solas de degradar los carbohidratos fibrosos, por tanto, los microorganismos ruminales serán los que se especializarán en producir enzimas que logren degradar estos carbohidratos; ante un cambio de dieta, la población tiene que adaptarse al medio y el tipo de nutrientes que lo conforman (León-Andrade y Barros-Rodríguez, 2017).

Producción de gases de efecto invernadero

El hato ganadero y la agricultura intervienen en las emanaciones de gases de efecto invernadero (GEI) causando el incremento del calentamiento del área terrestre y daño de la capa de ozono, en las cuales los gases predominantes son el dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O). (Primavesi, 2004).

Los principales gases de efecto invernadero:

Metano (CH_4): la actividad pecuaria específicamente de rumiantes emite CH_4, el cual representa al 18% de la fermentación entérica y excretas. Debido al incremento poblacional será proporcional el interés productivo de los rumiantes, con ello se estima un incremento significativo en el porcentaje. El 73% de emisiones de metano (CH_4) procede de una cantidad aproximada de 58 MMt/año que son procedentes de los hatos específicamente de especies domésticas (Johnson y Johnson 2000).

En la actualidad los diferentes gases como el metano (CH_4) ha disminuido en comparación a las emisiones de dióxido de carbono (CO_2) ya que hoy en día las emisiones de CO_2 son mayor y aportan en el incremento del calentamiento global. las concentraciones de CH_4 tiene un gran impacto en la contaminación en comparación al CO_2 considerando que a futuro el metano sea el gas dominante en la contaminación. (Sánchez et al., 2010).

Óxido nitroso (N_2O): La cualidad del gas es enérgica en comparación de los 3 gases de efecto invernadero la cual representa un mayor índice de contaminación en la producción de semovientes por la manipulación de residuos.

Marco Conceptual:

Ácidos grasos volátiles: su origen se debe a la degradación fermentativa.

Cambio climático: modificación atmosférica que conlleva variaciones del clima.

Digestibilidad: Es la manera de cuantificar la ingesta de alimento, en al tracto digestivo es asimilada, degradada y utilizada metabólicamente.

Rumen: el órgano presenta rugosidades también segrega mucosa, fragmentación de carbohidratos, el desenvolvimiento de los ácidos grasos volátiles, liberación de hidrogeno (H_2) como sustancia de énfasis microorganismos metalogénicos, con la excreción el metano (Corrales et al., 2015).

Revisión de la Literatura:

En la presente investigación se realizó una revisión descriptiva de investigaciones de fuentes: primarias, secundarias y terciarias. La inclusión de revistas indexadas (Scielo) en base de datos reconocidos (Redalyc), tesis doctorales, artículos científicos (Google académico) y Sede Web de la Real Academia Española (RAE), los mismo que contribuyeron al análisis y comprensión del estudio de la Digestibilidad de la materia seca y producción de gases en rumiantes alimentados con diferentes fuentes forrajeras. La sistematización de la información se basó en tablas resúmenes que permitirán comparar y discutir los resultados de investigaciones de autores que contribuyeron a la temática analizada.