



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES**



VICTORIA HERNANDEZ BRITO

**IMPACTO DE LA INCLUSIÓN DE HARINA DE SEMILLAS DE *Delonix regia* EN
DIETAS PARA RUMIANTES SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE LA
FERMENTACIÓN Y LA PRODUCCIÓN DE GASES RUMINALES**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTA

**OVIER SILVA SALIGAN
VÍCTOR MIGUEL DÍAZ GARCÍA**

Director

Dr. EDSON BRODELI FIGUEROA PACHECO

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO, JULIO, 2023

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | | Página |
|-------------|---|--------|
| | ÍNDICE DE CUADROS | i |
| | ÍNDICE DE FIGURAS | ii |
| | RESUMEN | iv |
| | ABSTRACT | v |
| I. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. | OBJETIVOS | 4 |
| 2.1 | Objetivo General | 4 |
| 2.2 | Objetivos Específicos | 4 |
| III. | HIPÓTESIS | 5 |
| 3.1 | Hipótesis nula | 5 |
| 3.2 | Hipótesis alternativa | 5 |
| IV. | REVISIÓN DE LITERATURA | 6 |
| 4.1 | Importancia de la ganadería bovina en México | 6 |
| 4.2 | Contribución de la ganadería al calentamiento global | 7 |
| 4.3 | Gases de efecto invernadero | 7 |
| 4.3.1 | Metano | 8 |
| 4.3.2 | Monóxido de carbono | 8 |
| 4.3.3 | Sulfuro de hidrogeno | 9 |
| 4.4 | Descripción y taxonomía de Acacia (<i>Delonix regia</i>) | 9 |
| 4.4.1 | Hojas | 9 |
| 4.4.2 | Semillas | 9 |
| 4.4.3 | Forma biológica | 9 |
| 4.5 | Acacia (<i>Delonix regia</i>) | 10 |
| 4.5.1 | Fenología del árbol de <i>Delonix regia</i> | 10 |
| 4.5.2 | Asociación vegetal | 11 |
| 4.5.3 | Distribución en México | 11 |
| 4.6 | Características físicas | 11 |
| 4.6.1 | Textura del suelo | 11 |
| 4.6.2 | Usos | 11 |
| 4.6.3 | Adaptación a condiciones edafoclimáticas | 12 |
| 4.7 | Utilización en la nutrición de rumiantes | 12 |
| V. | MATERIALES Y MÉTODOS | 13 |
| 5.1 | Área de estudio | 13 |
| 5.2 | Colecta | 13 |
| 5.3 | Molienda | 14 |
| 5.3.1 | Balanceo | 14 |
| 5.3.2 | Composición química | 16 |
| 5.3.3 | Fermentación <i>in vitro</i> | 16 |
| 5.4 | Producción ruminal de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno | 17 |
| 5.4.1 | Degradación aparente de la materia seca | 18 |

| | | Página |
|--------------|--|--------|
| 5.4.2 | Cálculos | 18 |
| 5.4.3 | Análisis Estadístico | 19 |
| VI. | RESULTADOS Y DISCUSION | 21 |
| 6.1 | Producción ruminal de gas total | 21 |
| 6.2 | Producción ruminal de metano | 23 |
| 6.3 | Producción ruminal de monóxido de carbono | 26 |
| 6.3.1 | Producción ruminal de sulfuro de hidrogeno | 29 |
| VII. | CONCLUSIONES | 32 |
| VIII. | APENDICE | 33 |
| IX. | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 41 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Título | Página |
|--------|--|--------|
| 1 | Taxonomía de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 10 |
| 2 | Porcentaje de ingredientes y composición química de dietas balanceadas para rumiantes con la inclusión de diferentes niveles de harina de semilla de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 15 |
| 3 | Parámetros y producción total de gas de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 33 |
| 4 | Parámetros y producción de metano (CH ₄) de una dieta con diferentes porcentajes de Semillas de acacia (<i>Delonixl regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como Fuente de inóculo ruminal. | 34 |
| 5 | Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y empleando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 36 |
| 6 | Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando como base bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 37 |
| 7 | Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano (CH ₄) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 38 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Título | Página |
|---------------|--|---------------|
| 1 | Lugar de colección de semilla de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 13 |
| 2 | Colecta de semilla de Acacia, en Tuxpan Municipio de Iguala Guerrero. | 13 |
| 3 | Molienda de las semillas en picadora de forraje. | 14 |
| 4 | Harina de semilla de Acacia, con base a las Dietas | 15 |
| 5 | Incubación de frascos en incubadora de (Binder® serie BD) a 39°C. | 17 |
| 6 | Medición del volumen de gas total mediante el psi. | 17 |
| 7 | Determinación del ph mediante un potenciómetro. | 18 |
| 8a | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 21 |
| 8b | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 22 |
| 8c | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 22 |
| 9a | Cinética de producción de gas metano (CH ₄) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 23 |
| 9b | Cinética de producción ruminal de gas metano (CH ₄), de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 24 |
| 9c | Cinética de producción de metano (CH ₄) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico | 25 |

| | | |
|------------|---|----|
| | (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | |
| 10a | Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 26 |
| 10b | Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 27 |
| 10c | Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 28 |
| 11a | Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H ₂ S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 29 |
| 11b | Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H ₂ S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>). | 30 |
| 11c | Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (<i>Delonix regia</i>), sin y con adición de probiótico (<i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 30 |

RESUMEN

El trabajo de esta investigación realizado con la harina de semillas de Acacia (*Delonix regia*) en la alimentación de rumiantes como estrategia para reducir el impacto en el ambiente, se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero (FCAA-UAGro), ubicada en Tuxpan municipio de Iguala y en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México (FMVZ-UAEMex). La recolección de semillas se realizó en los árboles de Acacia que se encuentran en la FCAA-UAGro. Se seleccionaron las semillas secas y se trituraron en una picadora de forraje, se elaboraron cuatro dietas incluyendo el testigo a base de los siguientes ingredientes los cuales fueron sales minerales, rastrojo de maíz, harina de soja, harina de maíz molido a las cuales se les anexaron diferentes porcentajes de inclusión (0 %, 6%, 12 % y 18 %) de harina de semilla de Acacia. Una vez obtenidas las dietas se llevaron al laboratorio de Bromatología de la FMVZ-UAEMex. Donde se desarrolló la evaluación de los diferentes gases in vitro gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno en dietas para bovinos y ovinos. Por lo cual el objetivo de esta investigación consistió en evaluar los gases de efecto invernadero que produjeron la harina de semilla de acacia en diferentes porcentajes de inclusión en bovinos y ovinos, el medio nutritivo utilizado se preparó siguiendo la metodología de Goering y Van Soest (1970), mientras que el líquido ruminal se obtuvo de la filtración (cuatro capas de estopilla) del contenido ruminal de cuatro bovinos (400 ± 30 kg PV) y cuatro ovinos sacrificados (45 ± 5 kg PV) en el rastro municipal de Toluca, Estado de México. La menor producción de gas total lo produjo los ovinos con 6 % y 12 % de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) sin adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). La menor producción de gas metano y monóxido de carbono la presentan los bovinos con 6 % de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) sin adición de probióticos. El gas sulfuro de hidrogeno fue producido en menor cantidad por los ovinos al 12% y 18% de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) con adición de probióticos.

ABSTRACT

The work of this research carried out with Acacia (*Delonix regia*) seed meal in ruminant feeding as a strategy to reduce the impact on the environment, was developed at the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences of the Autonomous University of Guerrero (FCAA-UAGro), located in Tuxpan municipality of Iguala and in the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics of the Autonomous University of the State of Mexico (FMVZ-UAEMex). The collection of seeds was carried out in the Acacia trees that are found in the FCAA-UAGro. The dry seeds were selected and crushed in a forage grinder, four diets were prepared including the control based on the following ingredients which were sold minerals, corn stover, soybean meal, ground corn meal to which different inclusion percentages (0 %, 6 %, 12 % and 18 %) of acacia seed meal were added. Once the diets were obtained, they were taken to the Food Science Laboratory of the (FMVZ-UAEMex). Where the evaluation of the different gases in vitro total gas, methane, carbon monoxide and hydrogen sulfide in diets for cattle and sheep began. Therefore, the objective of this research is to evaluate the greenhouse gases produced by acacia seed meal in different percentages of inclusion in cattle and sheep, the nutrient medium used was prepared following the Goering and Van Soest (1970) methodology while the ruminal liquid was obtained from the filtration (four layers of cheesecloth) of the ruminal content of four cattle (400 ± 30 kg LW) and four sheep slaughtered (45 ± 5 kg LW) in the municipal slaughterhouse of Toluca, Mexico state. The lowest total gas production was produced by sheep with 6 % and 12 % inclusion of Acacia (*Delonix regia*) seed meal without addition of probiotics (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 and *Bacillus coagulans* BX-B118). The lowest production of methane gas and carbon monoxide is presented by bovines with 6 % inclusion of Acacia (*Delonix regia*) seed meal without addition of probiotics. Hydrogen sulfide gas was produced in smaller amounts by sheep at 12% and 18% inclusion of Acacia (*Delonix regia*) seed meal with addition of probiotics.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema agroforestal en México, está representado por el manejo de los sistemas agroforestales que completa la amplia diversidad silvestre y/o forestal en coexistencia con diversos cultivos y animales con la finalidad de obtener beneficios económicos y sociales (Nair y Garrity, 2012).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) en el 2016, nos menciona que el crecimiento de la población humana a nivel mundial llegará a ser de aproximadamente 9,600 millones de personas para el año 2050, pero también señala que el poder adquisitivo de la población será del doble, para el consumo de carne y lácteos.

Por lo que los procedimientos agrícolas deben ser cada vez más eficientes y sobre todo más sustentables con el medio ambiente, accediendo a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), garantizando de esta manera el bienestar de los ecosistemas y de las poblaciones rurales (FAO, 2016).

Estos tipos de estudios de sistemas dinámicos y complejos como son los sistemas en la actualidad, México y el mundo en general atraviesan por una serie de etapas en la que se conjugan varias situaciones críticas entre las que tenemos la contaminación ambiental, el cambio climático y el calentamiento global que atentan con la calidad de vida y la integridad territorial de muchos países. El sector ganadero para México es una actividad económica importante que provee principalmente alimentos, genera empleo y da una seguridad económica a miles de personas, pero que también es un sector que está asociado a la deforestación, a la erosión, a la pérdida de la biodiversidad, a una degradación de pasturas y una contaminación con (GEI), siendo estos gases los relacionados con el cambio climático (Nahed *et al.*, 2013).

Esta se inserta en un momento en que México se encuentra con una población demandante de alimentos donde la mayoría se encuentra en condiciones de pobreza y la minoría en riqueza extrema (Nahed *et al.*, 2013).

De acuerdo con Palma (2006), la ganadería se propone como un sistema agroforestal y pecuario intensivo, dando una alternativa amigable con el medio ambiente y que sea socialmente justa.

En los rumiantes a nivel mundial se contribuye en un 18 % del total de gases de efecto invernadero esto se da por las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) ya que al transformarse en el uso del suelo; la emisión del metano (CH₄) por su fermentación entérica y su manejo de estiércol también óxido nitroso (N₂O) esto se da por sí descomposición en las unidades ganaderas ya que por lo tanto se manifiesta que se ha estado trabajando en su búsqueda e implementación de prácticas orientadas con el fin de impactar en su renta de las unidades dónde producen ,lo cual se dan las estrategias de prácticas que pueden ser factibles de poder implementarse a nivel de unidades de producción bajo un enfoque de manejo para el sistema ganadero (Gamboa, 2018).

Su producción del metano en este caso de los rumiantes viene derivada de manera natural es un proceso digestivo en ellos, pero pierde energía esto y esto es por los gases de efecto invernadero por lo que se ha aumentado el número de investigaciones esto para reducir la metanogénesis ruminal. Por lo tanto hay factores que se dan afectados a la producción del metano en los rumiantes ,la búsqueda de alternativas para reducir la producción de metano por los rumiantes, debería ser una investigación tecnológica ,en la área de nutrición animal ya que esto puede contribuir a reducir las emisiones de gas de efecto invernadero, las emisiones de los rumiantes por el metano, son una parte de las amplias acciones a realizar de manera inmediata para poder frenar el efecto del calentamiento y el cambio climático global y la dieta que reciben los rumiantes tiene una gran influencia en la cantidad de metano producido y las dietas forrajeras suelen generar éstas más metano que las dietas concentradas (Yunga, 2022).

Lo que es en el sector de los rumiantes se da el interés de mejorar los sistemas de producción y desempeño ambiental por lo tanto el pastoreo genera beneficios económico-productivos al medio ambiente. Lo cuál para su comparación de las innovaciones científicas para la sostenibilidad de sistemas de producción de sistemas de pequeños rumiantes se hicieron análisis milimétricos para poder

describir las ventajas y desventajas de los sistemas de producción extensivos, semi-intensivos e intensivos en la sustentabilidad de pequeños rumiantes. Ya que para aumentar el volumen de la producción los sistemas intensivos son más adecuados, pero enfrentan mayores problemas ambientales como, la emisión gases de efecto invernadero (GEI) y de bienestar animal (Chávez, *et al.*,2022).

En el estado de Guerrero se considera en el tener que poder contribuir y mitigar las emisiones que causan los gases y compuestos de efecto invernadero, por lo que son los causantes de este cambio climático que se está dando. Por lo cual para la contribución en materia de mitigación de las emisiones de gases y sus compuestos de efecto invernadero se tendrá que dar una identificación de estos gases que perjudican al estado de Guerrero, sería una tarea ya que cuenta con avances importantes y que se integran al diagnóstico realizado para ese efecto. Ya que en el estado de Guerrero se pretende poder contar con estrategias que puedan permitir medidas de acción para poder mitigar las acciones de gases de efecto invernadero, así como para poder desarrollar acciones y medidas de adaptación al cambio climático. Lo cual se puede considerar que es el Estado de Guerrero se den muestras ya sean normativas, institucionales, y financieras, para poder reducir los efectos negativos del cambio climático y la sostenibilidad del medio ambiente, si bien es cierto el cambio climático tiene una dimensión compleja que alcanza la faceta de la actividad humana ya que también se puede tratar de un reto social y económico (Ortega, 2015).

II.OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la inclusión de harina de semillas de Acacia (*Delonix regia*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la fermentación entérica y producción de gases de efecto invernadero.

2.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de harina de semillas de Acacia (*Delonix regia*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre las características de la fermentación entérica y la eficiencia de conversión de metano, usando como fuente de inculo bovinos y ovinos.

III. HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis nula

La inclusión de niveles crecientes de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) en dietas balanceadas para rumiantes tendrá un efecto negativo sobre la fermentación entérica y la reducción de gases de efecto invernadero, y con ello aumentará el impacto de la ganadería en el ambiente.

3.2 Hipótesis alternativa

La inclusión de niveles crecientes de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) en dietas balanceadas para rumiantes mejorará el perfil de fermentación ruminal y reducirá la producción de gases de efecto invernadero, por lo que podría usarse como un alimento sustentable en la ganadería y para reducir el impacto ambiental.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Importancia de la ganadería bovina en México

Las principales actividades económicas para México es el sector agropecuario, agrícola, agostaderos, bosques y selvas ganadero y cuenta con un amplio territorio que abarca una superficie de 198 millones de hectáreas, de las cuales 145 millones de hectáreas equivalen al 73 % de la superficie total, se indica la actividad agropecuaria con 30 millones de hectáreas equivalente al 15 % de la superficie total, para el sector agrícola y agostaderos 115 millones de hectáreas que equivalen al 58 % de la superficie total y para bosques y selvas corresponden 45 millones de hectáreas que equivalen al 22.7 % de la superficie total (FAO,2017).

Para el caso de México en el año 2016, la población total de bovinos correspondió al (33, 779,290 de cabezas), donde la producción de leche fue proporcional al 7.4 % y el 92.6 % fue destinado a la producción de carne. Dentro de la producción nacional correspondiente al 62.5 % de la producción de carne de bovinos se concentró en diez estados principalmente: Veracruz (13.4 %), Jalisco (11.5 %), Chiapas (6.1 %), San Luis Potosí (5.5 %), Sinaloa (4.9 %), Baja California (4.8 %), Durango (4.5 %), Michoacán (4.1 %), Chihuahua (4.0 %) y Sonora (3.7 %) (SAGARPA, 2017).

Mientras para el caso de producción de leche de bovinos, los principales estados con mayor producción de leche corresponden a: Jalisco (19 %), Coahuila (12 %), Durango (10 %) y Chihuahua (9 %) (SAGARPA, 2017).

4.2 Contribución de la ganadería al calentamiento global

La ganadería es una de las actividades humanas que más influye en el cambio climático. En el cambio climático la ganadería genera emisiones de dióxido de carbono, así como también metano y óxido nitroso. La ganadería también contribuye en el cambio climático de manera que al realizar la producción de ganado va a aumentar la economía y nutrición a la agricultura vegetal (Espinoza, 2021).

Los bovinos son animales que contienen un sistema digestivo que tienen la capacidad y facilidad de aprovechar para convertir el material fibroso con altos contenidos de carbohidratos estructurales, los rumiantes contribuyen de una gran manera al calentamiento global y al deterioro de la capa de ozono esto ocasionado por la liberación de altas cantidades de gases que se introducen a la atmósfera, mediante esto se genera el gas metano producido por los procesos fermentativos de los alimentos que van ingresando al rumen (Carmona *et al.*, 2005).

4.3 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son aquellos gases que se acumulan en la atmósfera de la tierra, es decir son los componentes gaseosos de la atmósfera estos son tanto como naturales como antropogénicos estos realizan la función de absorber y emitir radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie tanto de la tierra como la atmósfera y las nubes (Benavides y León, 2007).

La concentración de los gases de efecto invernadero está provocando un daño un daño al ambiente ya que están generando calentamiento global y cambio climático. Estos gases de efecto invernadero son gases que provocan que la radiación infrarroja se detenga en la atmósfera a consecuencia de esto se calienta la superficie de la tierra y la parte inferior de la atmósfera. El gas de efecto invernadero es uno de los más importantes ya que se agrega a la atmósfera tanto de modo natural como antropogénico (Echeverri, 2006).

El sector agropecuario ha provocado impactos ambientales, uno de ellos es la emisión de gases de efecto invernadero (GEI). El dióxido (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), y el metano (CH_4), son los principales gases de efecto invernadero emitidos desde el sector agropecuario, el sector ganadero es un importante emisor de gases

de efecto invernadero ya que contribuye con el N₂O que se produce a partir de las excretas de animales, principalmente las líquidas, mientras que el CH₄, es producido mediante la fermentación entérica, ya que en el sistema pecuario es la última emisión de mayor significación (Costantini *et al.*, 2018).

4.3.1 Metano

El metano (CH₄) es un producto final que se da en la fermentación lo cual sufren los alimentos en el rumen, a lo que esto constituye una pérdida y en términos ambientales constituye al calentamiento y cambio climático global. En los rumiantes la producción de CH₄ esta influenciada por los factores como el consumo de alimentos la composición de las dietas la digestibilidad del alimento, el procesamiento previo del alimento y la frecuencia de alimentación (Bonilla y Lemus, 2012).

En los últimos años la producción de metano ha tomado gran importancia en la producción animal esto debido a sus efectos negativos en el medio ambiente. El metano producido se genera principalmente por los procesos fermentativos que ingresan al rumen, dentro del sistema *in vitro* RUSITEC, ha presentado una alta correlación con las características propias del animal, esto se hace con el objetivo de visualizar nuevos factores que determinen las emisiones del metano (Carmona *et al.*, 2005).

4.3.2 Monóxido de carbono

El monóxido de carbono (CO) es un gas incoloro e inodoro lo cual este se llega a formar por una combustión incompleta de material orgánico, también este gas es uno de los que mayor contaminan nuestra atmosfera terrestre, y genera un problema al ambiente en América Latina. Por lo tanto, los mayores factores que hacen daño a esto son; los automotores ya que estos utilizan como combustible gasolina o diésel para su funcionamiento, también por otra parte repercute en los incendios forestales y urbanos, se estima que un 80 % de monóxido de carbono, provoca un daño a la atmosfera, por los automotores e incendios (Téllez *et al.*, 2006).

Lo que es el monóxido de carbono (CO) es ser un gas tóxico, ya que en los humanos por una difusión simple pasa a la sangre, donde se une reversiblemente con la hemoglobina y esta llega a tener una afinidad de 210-270 veces superior al oxígeno,

llegando a formarse un compuesto llamado carboxihemoglobina (Fajardo *et al.*, 2012).

4.3.3 Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de Hidrogeno (H₂S) es un subproducto por lo cual viene dado de la descomposición del material orgánico, dado esto proveniente de; Cloacas, letrinas, pozos negros, alcantarillas, y estiércol. El sulfuro de Hidrogeno se llega a utilizar para los procesos industriales o formarse en reacciones químicas, esto ocurre en las industrias de manufactura y curtido, llegándose a lograr más de 70 actividades laborales algunas de estas son; Producción y refinado del petróleo, vulcanización de caucho, fabricación de pasta de papel, seda, productos depilatorios, tintes, colorantes, entre otros (Sanz *et al.*, 2007).

4.4 Descripción y taxonomía de Acacia (*Delonix regia*)

4.4.1 Hojas

Las hojas de Acacia (*Delonix regia*) se caracterizan por tener sus tallos largos con numerosas flores que miden alrededor de unos 12 mm de largo. La hoja es importante ya que se utiliza para la prevención y el tratamiento de la fiebre, el estreñimiento, la artritis, la inflamación, las almorranas, entre otras (Alagbe *et al.*, 2020).

4.4.2 Semillas

Su semilla de la Acacia (*Delonix regia*) tiene una capa dura de color grisácea y brillante, al igual tiene un aproximado de medición de 2cm de largo, teniendo también en cuenta que posee con una testa ósea que pesa alrededor de 0,4 g (Singh y Naresh, 2014).

4.4.3 Forma biológica

Es un árbol que puede llegar a alcanzar una altura de 10-15 m, con su copa ancha y extendida posee un tronco grueso color marrón grisáceo, este árbol presenta hojas con apariencias de plumas bien ventiladas que llegan a medir casi 50 cm de largo de color verde con una textura suave, con flores de 4 pulgadas de diámetro que posee un color escarlata brillante con una matriz de amarillo contiene 5 pétalos en forma de cuña (García, 1996).

4.5. Acacia (*Delonix regia*)

La Acacia (*Delonix regia*) es uno de los árboles que están más coloridos en varias partes del mundo, es ampliamente usado debido a la gran belleza y sombra que este proporciona más cuando está en estado de floración entre los meses de mayo y agosto. Por lo cual es muy común en la región local ya que es impensable imaginar a la región sin este árbol que aporta mucho al medio ambiente (Duno, 2012).

La descripción correspondiente a la taxonomía de la planta se describe en el cuadro 1.

Cuadro 1. Taxonomía de Acacia (*Delonix regia*).

| | |
|------------------------------------|--|
| Nombre científico | <i>Delonix regia</i> |
| Familia | Fabáceas |
| Origen | Madagascar |
| Nombres comunes | flamboyán, tabachín, árbol de fuego, chivato |
| Importancia cultural y usos | El <i>Delonix regia</i> utilizada como medicinal ya que se utiliza para aliviar el dolor del reuma utilizando la corteza macerada y la cocción de las flores tomada de manera vía oral para tratar la tos y también el asma. |

Fuente (Ramírez *et al.*, 2018).

4.5.1 Fenología del árbol de *Delonix regia*

En cuanto a su forma fenológica es que la Acacia es una especie caducifolia, por lo tanto, tiene un rápido crecimiento que va de (1-2m/año), su promedio de semillas por kilogramo suele ser de 2300, así también viene lo que es su floración que esta se da en los meses de mayo a junio, su floración se presenta en individuos que alcanzan los 4 a 6 años, respecto a lo de su fructificación en nuestro estado de México es de octubre a noviembre (Bustinza,2016).

4.5.2 Asociación Vegetal

La especie *Delonix regia* es cultivada prospera en regiones tropicales, es cultivada en diferentes lugares los cuales son Chiapas, Tamaulipas, Morelos, Oaxaca, Michoacán, Nayarit, Veracruz, Estado de México, Campeche, Tabasco, Yucatán, Quintana Roo, entre otros lugares. Esta especie presenta requerimientos ambientales una de ellas es su altitud que presenta una altitud media de 4:50 (4) una altitud mínima de 0 (2,4) y una altura máxima que llega hasta 1,000 (4); 1500 (2) (SIRE, 2021).

4.5.3 Distribución en México

Acacia (Delonix regia) es un árbol ornamental que de los mas cultivados en regiones tropicales y subtropicales alrededor de todo el mundo. En México se distribuye en varios lugares tales como: Tamaulipas, Chiapas, Oaxaca, Mórelos, Guerrero, Michoacán, Estado de México, Nayarit, Veracruz, Quintana Roo, Campeche entre otros lugares más de nuestro país, esto ya que contiene una gran importancia alimenticia y por tener alto contenido de proteínas, carbohidratos, también por ser utilizado de uso medicinal (Bolívar *et al.*, 2015).

4.6 Características Físicas

4.6.1 Textura del Suelo

La *Acacia (Delonix regia)* presenta una manera apropiada para que logre adaptarse de una mejor manera esta prefiere los suelos con una textura de manera ligeramente arenosa, esto tomando en cuenta que son mucho mejor los suelos ligeros que contengan un buen drenaje, así como también estos deben obtener un alto contenido de sales minerales. Esta planta de *Delonix regia* se pueden encontrar en diferentes lugares como pueden ser: parques, orillas de caminos, avenidas, jardines entre otros lugares (Martínez, 2009).

4.6.2 Usos

La *Acacia (Delonix regia)* en nuestro país es utilizada como medicinal ya que se utiliza para aliviar el dolor del reuma utilizando la corteza macerada y la cocción de las flores tomada de manera vía oral para tratar la tos y también el asma. Es una

planta utilizada más que nada como ornamental, esta se utiliza en jardines amplios, esto lo plantan como ejemplar aislado (Sánchez, 2021).

4.6.3 Adaptación a condiciones edafoclimáticas

La Acacia (*Delonix regia*) esta especie proviene de Madagascar, se adapta a clima subtropical ya que es el clima donde proviene, con unas temperaturas que van entre 29°C y 20°C, pero con el paso del tiempo este árbol ha sabido adaptarse a los climas secos y con salinidad, este árbol también puede llegar a soportar bajas temperaturas hasta 5°C (Méndez, 2012).

4.7 Utilización en la nutrición de rumiantes

Las fuentes de proteínas son importantes para las dietas del ganado tales como las leguminosas a las cuales pertenece la Acacia (*Delonix regia*). Al producir una alta cantidad de hojas y vainas eso lo convierte en una alternativa forrajera para el ganado en periodos que la pastura se escasea, sus hojas contienen un gran contenido de proteínas que llegan hasta el 17.0 %, también contiene fibra detergente neutra que llega hasta 40.3 %, contiene una gran cantidad de degradabilidad ruminal de su materia seca esto a las 72 h hasta los 65.2 %, también se adapta de una buena manera a las condiciones del piedemonte llanero, por parte del ganado contienen una buena aceptabilidad (Roa y Muños, 2012).

En lo que es su consumo y digestibilidad de algunos rumiantes, son muchos de los temas de gran interés para los nutricionistas ya que en la producción animal requiere alimentos de cierta excepción y excelente aprovechamiento, con pocas perdidas de nutrientes. Dando seguimiento a lo anterior, esta investigación se realizó en Unillanos Villavicencio consideró como objetivo principal evaluar dos técnicas de digestibilidad (in situ en rumen e in vitro) de 6 leguminosas, 2 gramíneas y 2 arbustivas no leguminosas a las que se les determinó la digestibilidad, por lo tanto los promedios in situ e in vitro de digestibilidad de la (MS) materia seca fue del 80% por lo que su fibra detergente neutro (FDN) se estimó en un 80% y así se pudo comprobar el resultado de la *Delonix regia* para evaluar los diferentes porcentajes que aportara en los rumiantes (Navarro *et al.*,2011).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Área de Estudio

La colecta de las semillas de acacia se realizó en el mes de noviembre del 2022 en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales ubicada en la localidad de Tuxpán Guerrero municipio de Iguala de la independencia.

Figura 1. Lugar de colección de semilla de Acacia (*Delonix regia*).



5.2 Colecta

Las semillas de acacia recolectada se obtuvieron de árboles creciendo de forma silvestre los frutos fueron recolectados en su fase de madurez con una cantidad de 2 kg con un total de 5 árboles.

Figura 2. Colecta de semilla de Acacia, en Tuxpan Municipio de Iguala Guerrero.



5.3 Molienda

Una vez recolectadas las semillas se realizó la trituración de las semillas con una picadora de forraje para después pasar a balancear la dieta.

Figura 3. Molienda de las semillas en picadora de forraje.



5.3. Balanceo

Se utilizó una báscula gramera para pesar la cantidad que se utilizó para balancear la dieta ya que también se utilizaron otros ingredientes para su balanceo como grano de maíz, rastrojo de maíz, grano de soya, harina de semilla de acacia, sales minerales, después de obtener los porcentajes que se utilizaron, se mezclaron en una cubeta hasta obtener una mezcla homogénea y tener nuestra dieta balanceada.

Figura 4. Harina de semilla de Acacia, con base a las Dietas.



Cuadro.2 Porcentaje de ingredientes y composición química de dietas balanceadas para rumiantes con la inclusión de diferentes niveles de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*).

| Ingredientes | Nivel de inclusión de harina de semillas ¹ | | | |
|------------------------------|---|--------|---------|---------|
| | 0 % | 6 % | 12 % | 18 % |
| Grano de maíz | 73.5 | 67.5 | 61.5 | 55.5 |
| Rastrojo de maíz | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 |
| Grano de soya | 9.0 | 9.0 | 9.0 | 9.0 |
| Harina de semilla de acacia* | 0.0 | 6.0 | 12.0 | 18.0 |
| Sales minerales | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 2.5 |
| Composición química | T1 0 % | T2 6 % | T3 12 % | T4 18 % |

| | | | | |
|-------------------------|-----|------|------|------|
| Proteína | 12 | 11.3 | 11.3 | 11.6 |
| Fibra detergente neutra | 4 | 5.4 | 5 | 5.6 |
| Fibra detergente acida | 2.2 | 3.4 | 3.3 | 3.6 |
| Ceniza | 9 | 5.5 | 5.7 | 5.7 |
| MS | 87 | 85 | 86 | 88 |

5.3.2 Composición química

Una vez realizadas las dietas se tomaron tres muestras representativas y se trituraron por segunda vez, pero ahora en un molino de martillos (Thomas Wiley® modelo 4) con tamiz de 2 mm y se analizaron en el laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMéx).

El contenido de materia orgánica se obtuvo sustraendo el valor obtenido en cenizas (C), y las cenizas se estimaron mediante el método de Thiex, en el 2012. La proteína cruda (PC) se determinó estimando la cantidad de nitrógeno descrito por

(Horneck y Miller, 1998) y multiplicando el valor obtenido por el factor de conversión 6.25. Las fibras detergentes neutra (FDN) y ácida mediante la metodología descrita por Van Soest *et al.* (1991) y utilizando el analizador de fibras ANKOM²⁰⁰ (ANKOM Technology Corp., Macedon, NY, USA), mientras que la lignina ácido detergente se determinó por solubilización con una solución de ácido sulfúrico (Faichney *et al.*, 1983). El extracto etéreo (EE) siguiendo el método de Padmore (1990), mientras que los carbohidratos no fibrosos (CNF) y los totales (CT) con las ecuaciones de Mertens (1997) y Sniffen *et al.* (1992): $CNF = 100 - (CP + FDN + EE + C)$ y $CT = 100 - (CP + EE + C)$.

5.3.3 Fermentación *in vitro*

Se pesaron 0.05 g de cada dieta balanceada, se colocaron en frascos de vidrio con capacidad de 160 mL y se añadieron 40 mL de medio nutritivo y 10 mL de líquido ruminal. El medio nutritivo utilizado se preparó siguiendo la metodología de Goering y Van Soest (1970), mientras que el líquido ruminal se obtuvo de la filtración (cuatro capas de estopilla) del contenido ruminal de cuatro bovinos (400 ± 30 kg PV) y cuatro ovinos sacrificado (45 ± 5 kg PV) en el rastro municipal de Toluca Estado de México. Los frascos se sellaron con tapones de goma butílica y sellos de aluminio, y se

incubaron en una incubadora (Binder® serie BD) a 39 °C durante 48 h, no sin antes agitarlos ligeramente. En total se incubaron 27 frascos, 12 con cada inóculo y 3 blanco para la corrección de los datos obtenidos.

Figura 5. Incubación de frascos en incubadora de (Binder® serie BD) a 39°C.



5.4 Producción ruminal de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno

El volumen de gas total se midió en PSI (libras por pulgada cuadrada) a las 2, 4, 6, 24, 28, 30 y 48 h de incubación, siguiendo la metodología de Theodorou et al. (1994) y utilizando un manómetro digital de presión Extech® Instruments, modelo 407910 y con precisión de $\pm 2\%$. En el caso del metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno, se utilizó la metodología propuesta por Acosta et al. (2022), que consiste en extraer gas de los frascos de vidrio con una jeringa estéril de plástico (BD Plastipak™, 5 mL 21G \times 32 mm) e inyectarlo a un detector portátil de gases (Dräger X-am®, modelo 2500) por medio de una bomba externa (Dräger X-am®).

Figura 6. Medicion del volumen de gas total mediante el psi.



5.4.1 Degradación aparente de la materia seca

Al concluir la incubación a las 48 h, se filtró el contenido de los frascos para separar el residuo de las dietas experimentales del contenido líquido y determinar el pH utilizando un potenciómetro con electrodo de vidrio (Hanna® Instruments modelo HALO® HI11102). El residuo obtenido se lavó con abundante agua de la llave y se deshidrató en una estufa de circulación de aire forzado a 60 °C por 48 h para obtener el peso sin humedad, y a partir de este valor se estimó la degradación aparente de la materia seca restando el peso final de la dieta al peso inicial (Elghandour *et al.*, 2014).

Figura 7. Determinación del pH mediante un potenciómetro.



5.4.2 Cálculos

Los datos obtenidos en PSI se transformaron a mL, y se calculó la cinética de producción de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno ajustando el volumen de cada gas con el procedimiento NLIN de SAS (2002), y según el modelo propuesto por (France *et al.*, 2000).

$$(1) y = b \times [1 - e^{-c(t-L)}]$$

Dónde:

y = volumen de producción de gas al tiempo t

b = producción de gas asintótica (mL g⁻¹ MS)

c = ritmo de producción de gas (/h) de la fracción de b de alimento fermentable lentamente

Lag = intervalo discontinuo antes de la producción de gas

La energía metabolizable (EM; MJ kg⁻¹ MS) se calculó con la ecuación propuesta por Menke *et al.* (1979):

$$(2) EM = 2.20 + 0.136 PG \text{ (mL } 0.5 \text{ g}^{-1} \text{ MS)} + 0.057 PC \text{ (g kg}^{-1} \text{ MS)}$$

Dónde:

PC = proteína cruda (%)

C = cenizas (%)

PG = producción de gas (mL gas 200 mg⁻¹ de muestra seca después de 24 h)

Las concentraciones de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) se calcularon de acuerdo con Getachew *et al.* (2002) como:

$$(3) AGCC \text{ (mmol } 200 \text{ mg}^{-1} \text{ MS)} = 0.0222 PG - 0.00425$$

Dónde:

PG = PG neta en 24 h (mL 200 mg⁻¹ MS)

Adicionalmente, se calculó la producción de metano por unidad de energía metabolizable (g MJ⁻¹), materia orgánica (mL g⁻¹) y ácidos grasos de cadena corta a las 24 h (mmol mmol⁻¹).

5.4.3 Análisis Estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 2 × 3, donde el factor A fueron dos fuentes de inóculo ruminal y el factor B tres niveles de inclusión de harina de semilla de *Delonix regia*, más el control y las tres repeticiones. El

análisis de los datos se realizó mediante el procedimiento GLM de SAS (2002) y de acuerdo con el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (A \times B)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

donde

Y_{ijk} : variable de respuesta

μ : media general

A_i : efecto de la fuente de inóculo ruminal

B_j : efecto del nivel de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*)

$(A \times B)_{ij}$: efecto de la interacción entre la fuente de inóculo ruminal y el nivel de inclusión de harina de semilla de (*Delonix regia*)

ε_{ijk} : error experimental

Además, se utilizaron contrastes de polinomios lineales y cuadráticos para examinar la respuesta de los niveles de inclusión de la harina de semilla de acacia con cada fuente de inóculo ruminal, y se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$) en la comparación de medias.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Producción ruminal de gas total

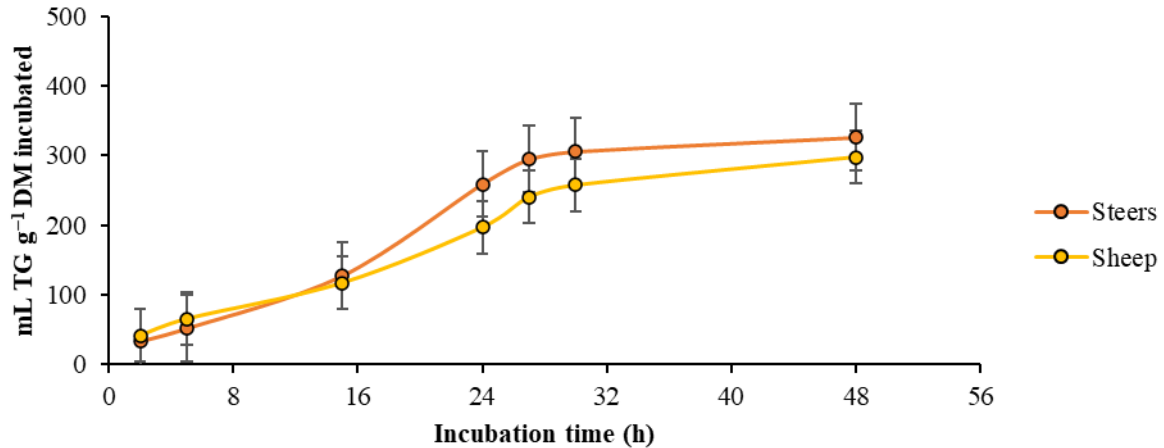


Figura 8a. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En la figura 8a se presenta la cinética de producción de gas ruminal total en la cual se utilizaron bovinos y ovinos, en ella se observa que la producción de gas inicio a partir de las 2 h con un valor de 41.3442 mL TG g⁻¹ DM incubado, a partir de este se muestra un aumento lineal hasta las 30 h con valor para bovinos y ovinos 306.1194 y 257.7809 mL TG g⁻¹ DM incubado, finalmente a las 48 h la producción de gas fue 326.4303 y 298.1292 mL TG g⁻¹ DM incubado para bovinos y ovinos respectivamente.

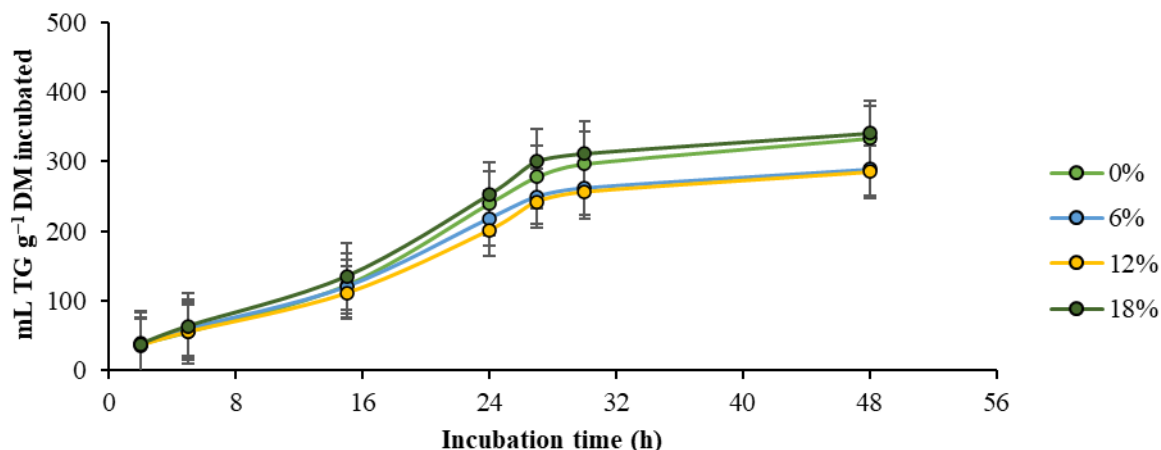


Figura 8b. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*).

En cinética de producción de gas total en la Figura 8b muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27, 30, 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Acacia, (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en esta grafica se muestra un aumento lineal, a partir de 2 h con 37.48 mL TG g⁻¹ DM incubado para los 4 porcentajes, hasta las 30 h con una producción de gas total donde los que demuestran mayor producción son el de 18 % y 0 % con 311.53 mL TG g⁻¹ DM incubado para terminar con el registro de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas es el de 48 h al 18 % con una cantidad de 340.77 mL TG g⁻¹ DM incubado.

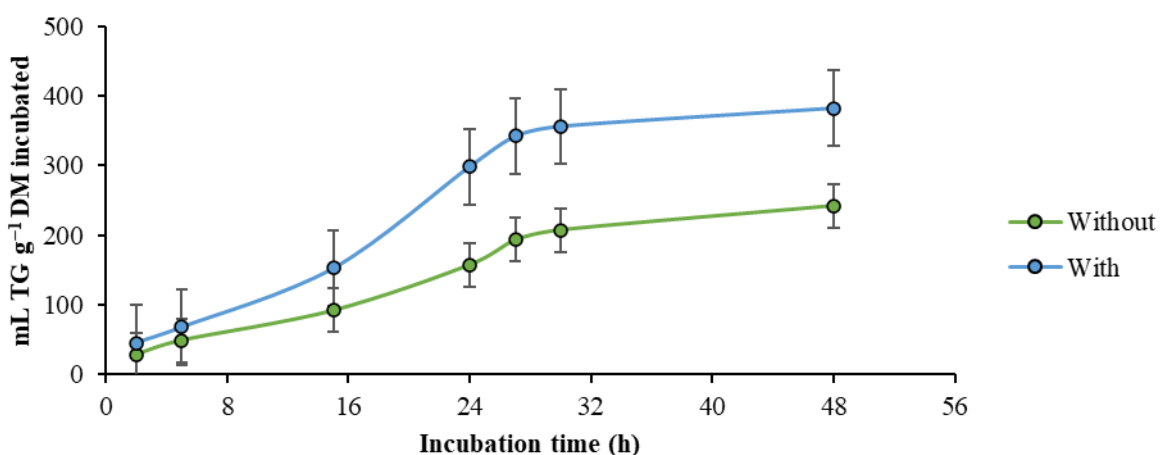


Figura 8c. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En cinética de producción de gas total en la Figura 8c muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con adición y sin adición de probióticos los cuales tuvieron un incremento lineal, pero con mayor producción de gas total en el caso de la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) con una cantidad de 382.4953 comparado con las muestras que no se les adicionó probiótico resultando para ambos tratamientos que a las 30 h y 48 h se presentó la mayor producción de gas total. Los resultados obtenidos en el presente trabajo son mayores que los que reporta Velázquez *et al.*,2011 que demostró que el efecto de la inclusión con diferentes niveles de (g/kg) de vainas de acacia farmeciana sobre la producción de gas in vitro en 100 kg obtuvo un resultado de 364.92 de gas total.

6.2 Producción ruminal de metano

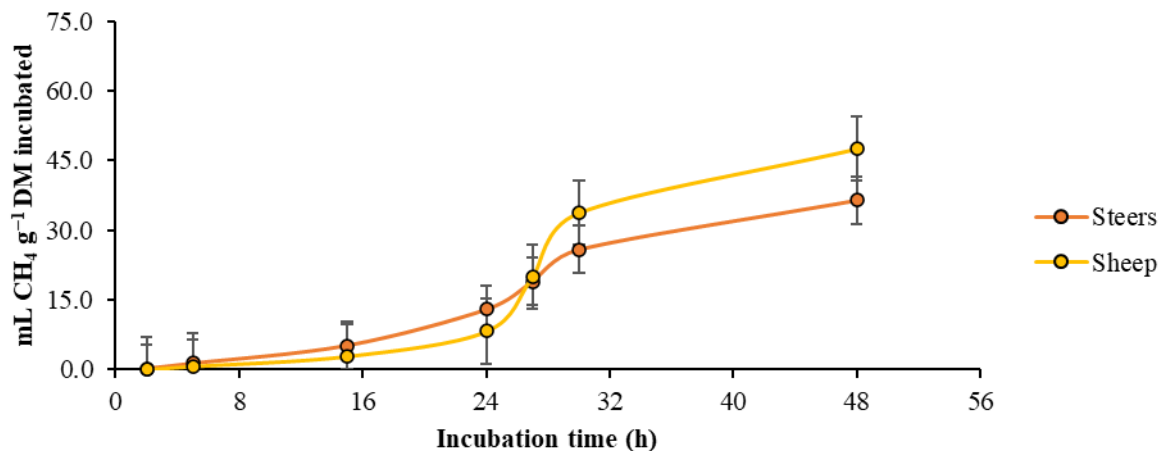


Figura 9a. Cinética de producción de gas metano (CH₄) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En cinética de producción de gas metano en la Figura 9a se utilizaron bovinos y ovinos, donde se muestra que la producción de gas metano inicio a partir de las 2 h con un valor 0.0675 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado, a partir de este se muestra un

aumento lineal hasta las 30 h con valor para bovinos y ovinos 25.9119 y 33.7956 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado, finalmente a las 48 h la producción de gas metano fue 36.5537 y 47.5882 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado para bovinos y ovinos respectivamente.

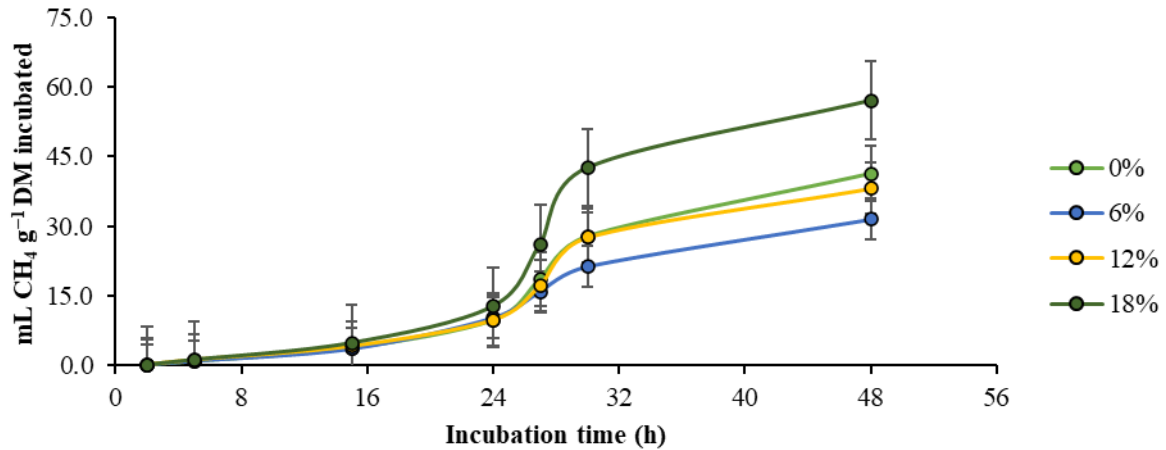


Figura 9b. Cinética de producción ruminal de gas metano (CH₄), de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*).

En cinética de producción de gas metano en la Figura 9b muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Acacia, (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en esta grafica se muestra un aumento lineal, a partir de 2 h con 0.1331 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado para los 4 porcentajes, hasta las 30 h con una producción de gas metano donde el que demuestra mayor producción fue el 18 % con 42.6136 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado para terminar con el registro de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas metano es el de 48 h al 18 % con una cantidad de 57.1087 mL CH₄ g⁻¹ DM incubado.

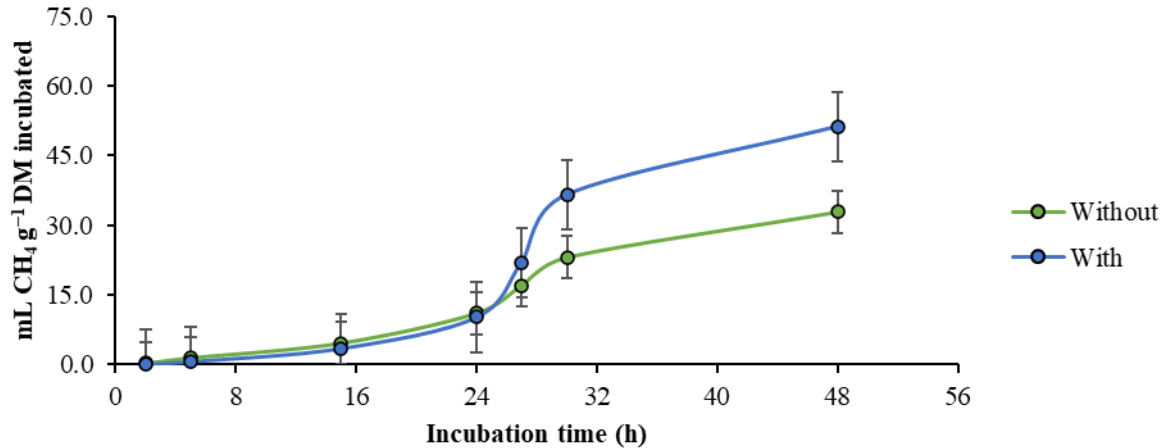


Figura 9c. Cinética de producción de metano (CH₄) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En cinética de producción de gas metano en la Figura 9c muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con adición y sin adición de probióticos los cuales tuvieron un incremento lineal, pero con mayor producción de gas metano en el caso de la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) con una cantidad de 51.2981 comparado con las muestras que no se les adicionó probiótico resultando para ambos tratamientos que a las 30 h y 48 h se presentó la mayor producción de gas metano. Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos muestran una menor producción de gas metano ya que un estudio realizado por Giraldo *et al.*,2007 en incubación in vitro de dietas con líquido ruminal en acacia bracharia obtuvo una producción 508 de gas metano a las 24 h en bovinos.

6.3 Producción ruminal de monóxido de carbono

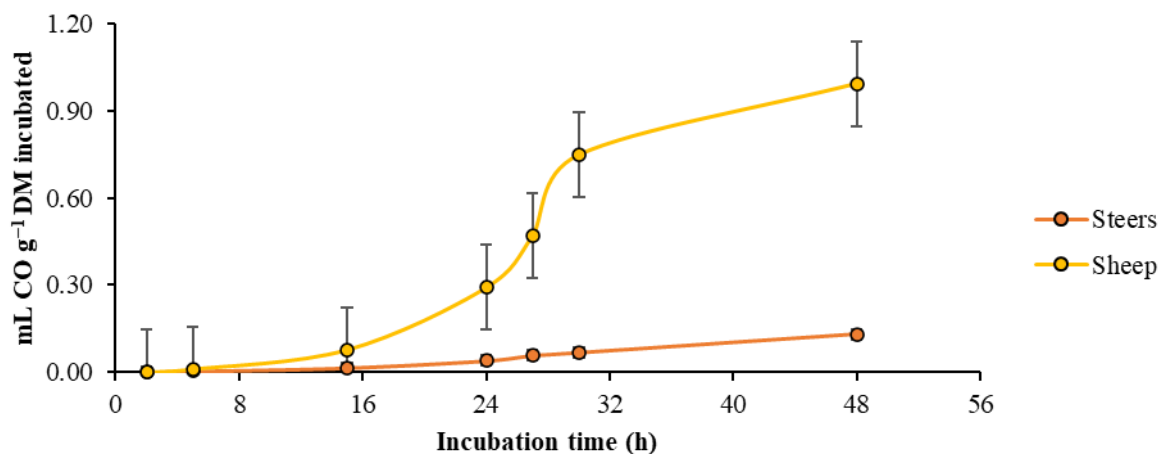


Figura 10a. Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En la figura 10a se presenta la cinética de producción de gas monóxido de carbono (CO) en la cual se utilizaron bovinos y ovinos, en ella se observa que la producción de gas inicio a partir de las 2 h con un valor de 0.0006 mL CO g⁻¹ DM incubado, a partir de este se muestra un aumento lineal hasta las 30 h con valor para bovinos y ovinos 0.0682 y 0.7484 mL CO g⁻¹ DM incubado, finalmente a las 48 h la producción de gas monóxido de carbono fue 0.1316 y 0.9933 mL CO g⁻¹ DM incubado para bovinos y ovinos respectivamente.

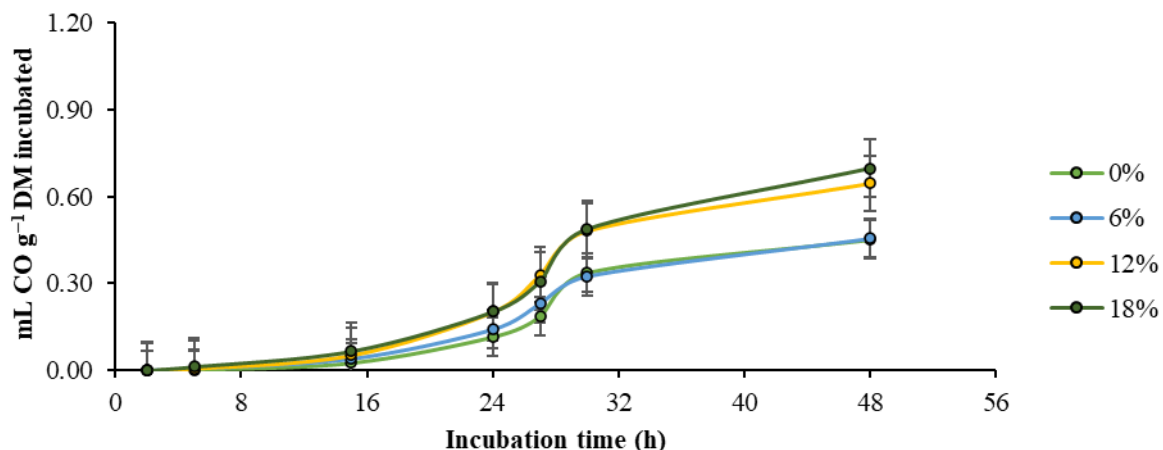


Figura 10b. Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*).

En cinética de producción de gas monóxido de carbono (CO) en la Figura 10b muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Acacia, (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en esta grafica se muestra un aumento lineal, a partir de 2 h con 0.0008 mL CO g⁻¹ DM incubado para los 4 porcentajes, hasta las 30 h con una producción de gas total donde los que demuestran mayor producción son el de 18 % y 12 % con 0.4873 mL CO g⁻¹ DM incubado para terminar con el registros de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas monóxido de carbono es el de 48 h al 18 % con una cantidad de 0.6962 mL CO g⁻¹ DM incubado.

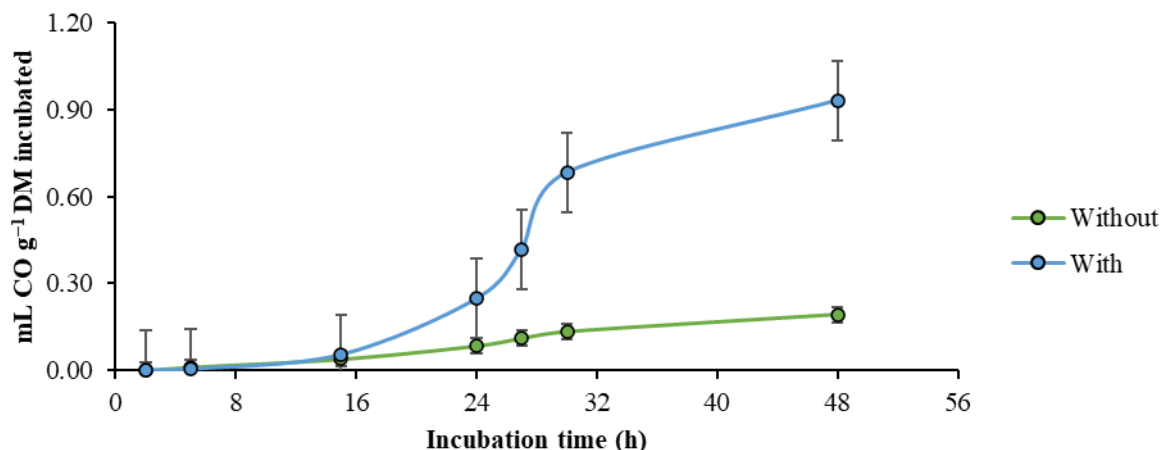


Figura 10C. Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de *Acacia (Delonix regia)*, sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En cinética de producción de gas monóxido de carbono (CO) en la Figura 10c muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con adición y sin adición de probióticos los cuales tuvieron un incremento lineal, pero con mayor producción de gas monóxido de carbono (CO) en el caso de la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) con una cantidad de 0.9314 comparado con las muestras que no se les adicionó probiótico resultando para ambos tratamientos que a las 30 h y 48 h se presentó la mayor producción de gas monóxido de carbono (CO). Los resultados obtenidos en el presente trabajo es mayor que los que reporta Guzmán *et al.*, 2014, debido a que en la producción de monóxido de carbono a las 48 h presenta la cantidad de 0.00945 de gases in vitro en bovinos.

6.3.1 Producción ruminal de sulfuro de hidrogeno

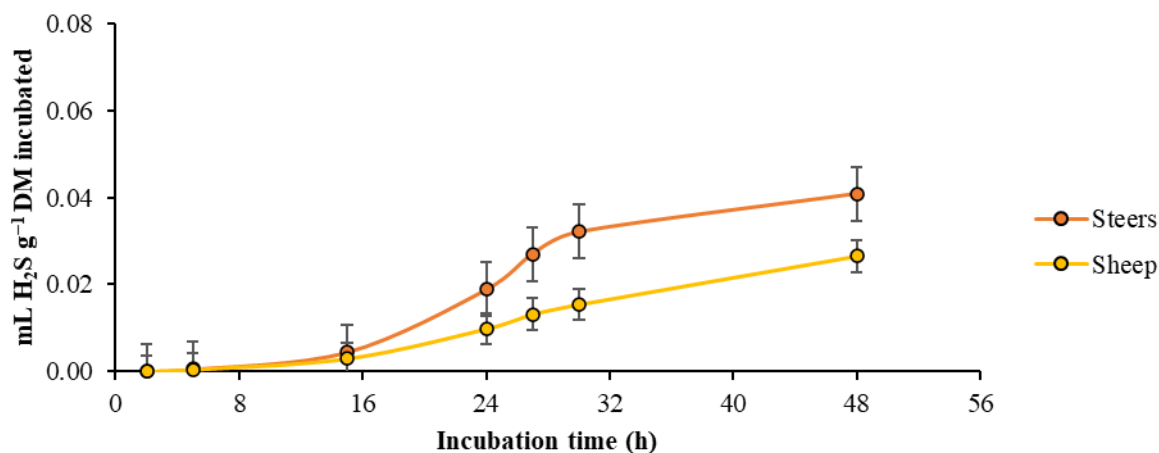


Figura 11a. Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En la figura 11a se presenta la cinética de producción de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S) en la cual se utilizaron bovinos y ovinos, en ella se observa que la producción de gas inicio a partir de las 5 h con un valor de 0.0005 mL H₂S g⁻¹ DM incubado, a partir de este se muestra un aumento lineal hasta las 30 h con valor para bovinos y ovinos 0.0320 y 0.0154 mL H₂S g⁻¹ DM incubado, finalmente a las 48 h la producción de gas fue 0.0408 y 0.0265 mL H₂S g⁻¹ DM incubado para bovinos y ovinos respectivamente.

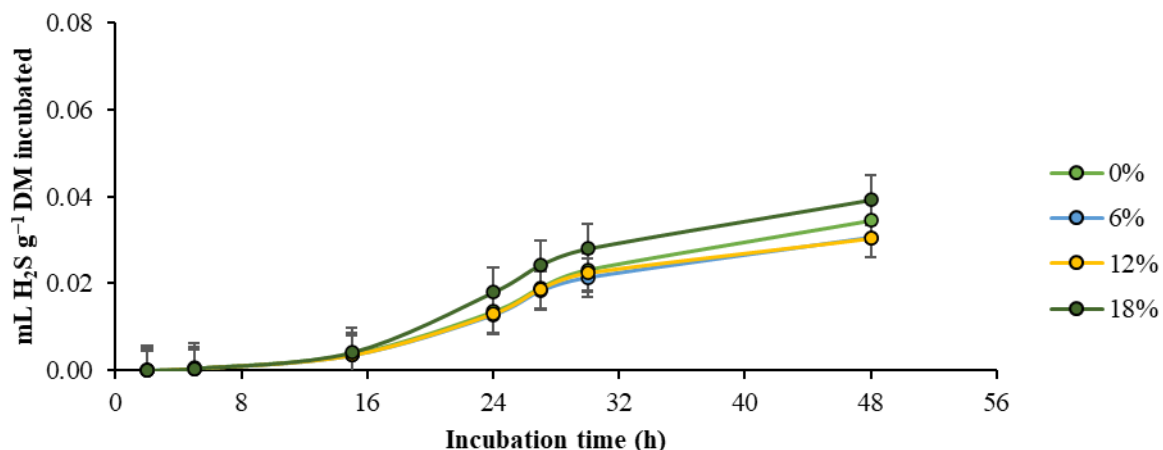


Figura 11b. Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*).

En cinética de producción de gas sulfuro de hidrogeno en la Figura 11b muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Acacia (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en esta grafica se muestra un aumento lineal, a partir de 5 h con 0.0005 mL H₂S g⁻¹ DM incubado para los 4 porcentajes, hasta las 30 h con una producción de gas total donde demuestra mayor producción el de 18 % con 0.0280 mL H₂S g⁻¹ DM incubado para terminar con el registros de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas es el de 48 h al 18 % con una cantidad de 0.0392 mL H₂S g⁻¹ DM incubado.

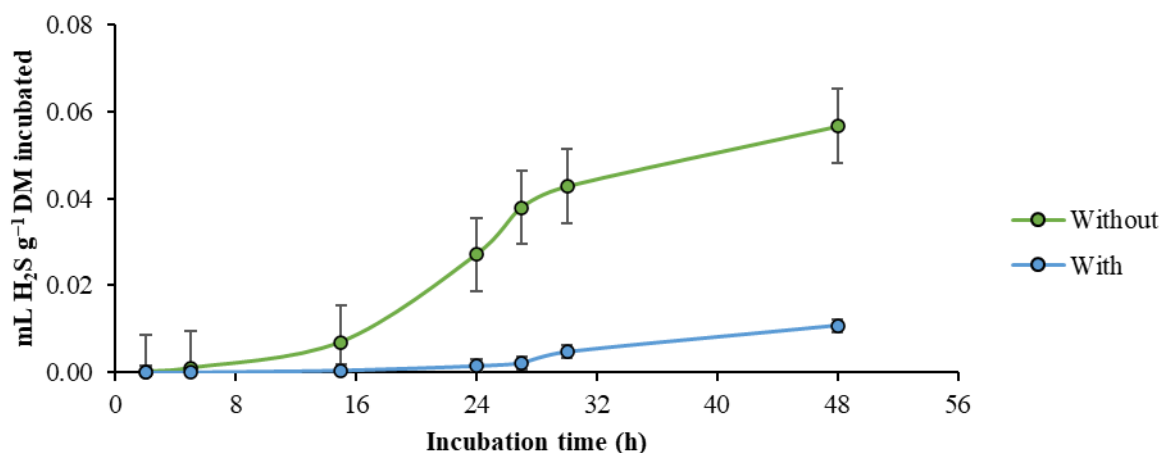


Figura 11c. Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H₂S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin

y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

En cinética de producción de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S) en la Figura 11c muestra los tiempos de incubación 2, 5, 15, 24, 27,30 y 48 h, con adición y sin adición de probióticos los cuales tuvieron un incremento lineal, pero con mayor producción de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S) en el caso sin la adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) con una cantidad de 0.0566 comparado con las muestras que se les adicionó probiótico resultando para ambos tratamientos que a las 30 h y 48 h se presentó la mayor producción de gas sulfuro de hidrogeno (H₂S). Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos muestra una menor producción de gas sulfuro de hidrogeno que las que presenta Sequeira *et al.*,2016 debido a que en el efecto de la incubación ruminal in vitro de hojas de acacia furcatispina (Garabato) a las 48 h presenta la cantidad 560 de gas sulfuro de hidrogeno.

VII. CONCLUSIONES

La producción de gas total fue menor en ovinos al 6 % y 12 % de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) sin adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas metano fue menor en bovinos al 6 % de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) sin adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas monóxido de carbono fue menor en bovinos al 6 % de inclusión de harina de semilla de acacia (*Delonix regia*) sin adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas sulfuro de hidrogeno fue menor en ovinos al 6% y 12% de inclusión de harina de semilla de Acacia (*Delonix regia*) con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

VIII. APENDICE

Cuadro 3. Parametros y produccion total de gas de una dieta con diferentes porcentajes de inclusion de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adiccion de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inculo ruminal.

| Fuente de inculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de acacia (ASP) | Probiótico (PB) | Parámetros ¹ | | | mL gas total g ⁻¹ DM incubada | | | |
|--------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|---------|--|---------|---------|---------|
| | | | <i>b</i> | <i>c</i> | Lag | 2 h | 24 h | 48 h | |
| Bovinos | 0 | Sin | 335.40 | 0.0389 | 6.05 | 29.64 | 213.13 | 322.32 | |
| | | con | 466.13 | 0.0516 | 7.67 | 41.43 | 381.06 | 457.45 | |
| | 6 | Sin | 304.13 | 0.0382 | 5.28 | 28.34 | 200.18 | 293.00 | |
| | | Con | 337.00 | 0.0461 | 3.65 | 35.98 | 309.09 | 327.64 | |
| | 12 | Sin | 296.57 | 0.0381 | 4.89 | 29.64 | 199.47 | 285.66 | |
| | | Con | 295.43 | 0.0458 | 4.49 | 35.24 | 259.30 | 286.72 | |
| | 18 | Sin | 279.53 | 0.0383 | 4.66 | 26.89 | 194.34 | 270.64 | |
| | | Con | 380.60 | 0.0438 | 4.10 | 38.41 | 317.45 | 368.01 | |
| | | | SEM ² | 16.868 | 0.00088 | 0.343 | 1.152 | 9.127 | 9.086 |
| | | | ASP | <0.0001 | 0.0012 | <0.0001 | 0.0945 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | Lineal | 0.0007 | 0.0002 | <0.0001 | 0.4549 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | cuadrático | 0.0002 | 0.1312 | 0.0063 | 0.8212 | <0.0001 | 0.0004 |
| | | | PB | <0.0001 | <0.0001 | 0.3327 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | ASP × PB | 0.0045 | 0.0055 | 0.002 | 0.0015 | <0.0001 | 0.1342 |
| Ovinos | 0 | Sin | 240.57 | 0.0143 | 2.77 | 28.41 | 71.50 | 163.88 | |
| | | Con | 406.50 | 0.0359 | 3.10 | 54.48 | 292.55 | 390.81 | |
| | 6 | Sin | 209.93 | 0.0156 | 4.92 | 26.71 | 84.52 | 164.57 | |
| | | Con | 388.00 | 0.0360 | 2.81 | 52.26 | 280.96 | 372.44 | |
| | 12 | Sin | 208.97 | 0.0168 | 5.05 | 28.37 | 89.09 | 169.15 | |
| | | Con | 421.50 | 0.0330 | 3.27 | 55.86 | 259.78 | 399.75 | |
| | 18 | Sin | 274.27 | 0.0374 | 3.48 | 33.77 | 207.62 | 267.30 | |
| | | Con | 478.60 | 0.0323 | 3.13 | 50.88 | 289.75 | 457.14 | |
| | | | SEM ² | 12.787 | 0.00101 | 0.619 | 1.569 | 12.090 | 15.887 |
| | | | ASP | 0.0001 | <0.0001 | 0.2365 | 0.1529 | 0.0004 | <0.0001 |
| | | | Lineal | 0.0008 | <0.0001 | 0.5568 | 0.0845 | 0.0036 | 0.0004 |
| | | | cuadrático | 0.0064 | <0.0001 | 0.0717 | 0.2410 | 0.0004 | 0.0001 |
| | | | PB | <0.0001 | <0.0001 | 0.0401 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | ASP × PB | 0.2623 | <0.0001 | 0.1978 | 0.1766 | 0.0037 | 0.0028 |
| Sem 2 agrupado | | | 14.967 | 0.00094 | 0.501 | 1.376 | 10.711 | 12.941 | |
| <i>Valor p</i> | | | | | | | | | |
| RIS | | | 0.2752 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0001 | |
| ASP | | | <0.0001 | <0.0001 | 0.0374 | 0.0723 | <0.0001 | <0.0001 | |
| Lineal | | | 0.4066 | 0.0002 | 0.0054 | 0.3111 | 0.1026 | 0.4398 | |

| | | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| cuadrático | <0.0001 | <0.0001 | 0.8725 | 0.4042 | <0.0001 | <0.0001 |
| PB | <0.0001 | <0.0001 | 0.0205 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × ASP | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.1630 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × PB | <0.0001 | <0.0001 | 0.1514 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| ASP × PB | 0.0441 | <0.0001 | 0.0029 | 0.1538 | <0.0001 | 0.0047 |
| RIS × ASP × PB | 0.0018 | <0.0001 | 0.6485 | 0.0016 | 0.0001 | 0.0012 |

¹ *b* = es la producción total de gas asintótico (mL gas total g-1 MS); *c* = es la tasa de producción total de gas (mL gas total h-1); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción total de gas (h).

Cuadro 4. Parametros y producción de metano (CH₄) de una dieta con diferentes porcentajes de Semillas de acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como Fuente de inóculo ruminal.

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de acacia (ASP) | Probiótico (PB) | Parámetro ¹ | | | mL de CH ₄ g ⁻¹ DM incubado | | | mL CH ₄ 100 mL ⁻¹ gas total | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------|------------------------|----------|------------|---|---------|---------|---|--------|--------|
| | | | <i>b</i> | <i>c</i> | <i>lag</i> | 2 h | 24 h | 48 h | 2 h | 24 h | 48 h |
| bovino | 0 | Sin | 44.88 | 0.0669 | 20.21 | 0.43 | 10.64 | 44.45 | 1.42 | 5.04 | 13.79 |
| | | Con | 50.72 | 0.0379 | 13.75 | 0.00 | 19.25 | 48.24 | 0.00 | 5.06 | 10.44 |
| | 6 | Sin | 45.31 | 0.0551 | 16.64 | 0.47 | 14.61 | 43.84 | 1.67 | 7.29 | 14.79 |
| | | Con | 31.48 | 0.0564 | 17.87 | 0.00 | 8.73 | 29.86 | 0.00 | 2.84 | 9.15 |
| | 12 | Sin | 41.75 | 0.0819 | 18.00 | 0.46 | 11.89 | 41.22 | 1.58 | 6.08 | 14.42 |
| | | Con | 25.57 | 0.0439 | 11.12 | 0.00 | 13.62 | 25.06 | 0.00 | 5.20 | 8.55 |
| | 18 | Sin | 36.98 | 0.0503 | 14.51 | 0.34 | 16.73 | 36.50 | 1.25 | 8.63 | 13.54 |
| | | Con | 24.04 | 0.0815 | 19.36 | 0.00 | 8.43 | 23.26 | 0.00 | 2.63 | 6.27 |
| | | SEM ² | 8.462 | 0.01580 | 2.203 | 0.020 | 1.336 | 4.452 | 0.072 | 0.859 | 1.597 |
| | | ASP | 0.2315 | 0.8170 | 0.5923 | 0.0140 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0318 | 0.0070 | 0.0079 |
| | | Lineal | 0.0579 | 0.4056 | 0.9828 | 0.0020 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0107 | 0.0030 | 0.0280 |
| | | cuadrático | 0.4640 | 0.7876 | 0.2261 | 0.5779 | 0.1249 | 0.2528 | 0.3322 | 0.0559 | 0.3571 |
| | | PB | 0.140 | 0.450 | 0.261 | <0.00 | 0.421 | <0.00 | <0.00 | <0.00 | 0.12 |

| | | | | | | | | | | | |
|------------|----|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | | 5 | 2 | 8 | 01 | 3 | 01 | 01 | 01 | 84 |
| | | ASP × PB | 0.553 2 | 0.158 7 | 0.041 3 | 0.014 0 | <0.00 01 | 0.017 1 | 0.031 8 | 0.002 9 | 0.07 73 |
| Ovino s | 0 | Sin | 18.03 | 0.062 6 | 24.33 | 0.05 | 2.25 | 14.84 | 0.17 | 3.17 | 9.08 |
| | | Con | 57.59 | 0.127 3 | 23.50 | 0.00 | 6.78 | 58.03 | 0.00 | 2.27 | 14.9 5 |
| | 6 | Sin | 19.52 | 0.045 7 | 15.81 | 0.15 | 5.46 | 18.68 | 0.58 | 6.46 | 11.3 8 |
| | | Con | 33.87 | 0.079 0 | 19.17 | 0.00 | 12.16 | 33.86 | 0.00 | 4.32 | 9.07 |
| | 12 | Sin | 27.12 | 0.044 9 | 14.61 | 0.14 | 8.69 | 26.00 | 0.50 | 9.63 | 15.3 8 |
| | | Con | 60.57 | 0.130 4 | 24.28 | 0.00 | 4.99 | 60.62 | 0.00 | 1.89 | 15.1 4 |
| | 18 | Sin | 38.08 | 0.046 2 | 12.24 | 0.20 | 18.25 | 37.22 | 0.58 | 8.83 | 13.9 2 |
| | | Con | 81.08 | 0.130 7 | 24.57 | 0.00 | 7.59 | 81.45 | 0.00 | 2.62 | 17.8 3 |
| | | SEM ² | 4.395 | 0.014 01 | 1.648 | 0.060 | 3.433 | 8.110 | 0.198 | 1.582 | 2.44 3 |
| | | ASP | <0.00 01 | 0.139 9 | 0.006 2 | 0.662 5 | 0.805 4 | 0.242 1 | 0.729 5 | 0.965 3 | 0.79 41 |
| | | Lineal | 0.000 1 | 0.650 5 | 0.004 1 | 0.456 4 | 0.499 9 | 0.059 3 | 0.678 9 | 0.718 9 | 0.37 88 |
| | | cuadráti co | 0.221 0 | 0.743 8 | 0.246 4 | 0.443 7 | 0.739 9 | 0.488 9 | 0.475 8 | 0.829 3 | 0.82 68 |
| | | PB | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.00 01 | 0.698 0 | 0.103 6 | <0.00 01 | 0.022 4 | 0.00 55 |
| | | ASP × PB | 0.022 1 | 0.247 0 | 0.004 2 | 0.662 5 | 0.096 5 | 0.597 7 | 0.729 5 | 0.221 5 | 0.88 04 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | Sem 2 agrupado | 6.742 | 0.014 93 | 1.946 | 0.045 | 2.605 | 6.542 | 0.149 | 1.273 | 2.06 4 |
| | | | | | | | | | | | |
| | | <i>Valor p</i> | | | | | | | | | |
| | | RIS | 0.201 8 | 0.002 9 | 0.001 5 | <0.00 01 | 0.001 0 | 0.153 3 | <0.00 01 | 0.486 2 | 0.06 48 |
| | | ASP | 0.065 6 | 0.314 8 | 0.067 7 | 0.617 7 | 0.323 2 | 0.050 1 | 0.423 2 | 0.167 3 | 0.43 64 |
| | | Lineal | 0.641 8 | 0.741 3 | 0.051 6 | 0.652 6 | 0.111 0 | 0.491 4 | 0.556 6 | 0.054 8 | 0.57 66 |
| | | cuadrático | 0.219 3 | 0.987 7 | 0.093 5 | 0.361 5 | 0.373 7 | 0.242 1 | 0.311 2 | 0.248 0 | 0.48 59 |
| | | PB | 0.001 6 | 0.000 5 | 0.033 6 | <0.00 01 | 0.509 2 | 0.000 7 | <0.00 01 | <0.00 01 | 0.08 07 |
| | | RIS × ASP | 0.000 4 | 0.418 9 | 0.076 7 | 0.274 8 | 0.040 3 | 0.000 3 | 0.559 4 | 0.415 0 | 0.04 88 |
| | | RIS × PB | <0.00 01 | <0.00 01 | 0.000 3 | <0.00 01 | 0.945 6 | <0.00 01 | <0.00 01 | 0.273 7 | 0.00 12 |
| | | ASP × PB | 0.134 2 | 0.192 6 | 0.001 3 | 0.617 7 | 0.001 6 | 0.108 0 | 0.423 2 | 0.027 6 | 0.31 71 |
| | | RIS × ASP × PB | 0.433 7 | 0.153 2 | 0.077 3 | 0.274 8 | 0.071 3 | 0.446 0 | 0.559 4 | 0.094 1 | 0.54 22 |

¹ *b* = es la producción asintótica de CH₄ (ML CH₄ g⁻¹ MS); *c* = es la tasa de producción de CH₄ (mL CH₄ h⁻¹); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción de CH₄ (h).

² SEM = error estándar de la media.

Cuadro 5. Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y empleando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de acacia (ASP) | Probiótico (PB) | Parámetros ¹ | | | mL CO g ⁻¹ DM incubada | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|---------|-----------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | <i>b</i> | <i>c</i> | Lag | 2 h | 24 h | 48 h | |
| | | | | | | | | | |
| Bovinos | 0 | Sin | 0.0127 | 0.0007 | 0.0019 | 0.0001 | 0.0039 | 0.0126 | |
| | | Con | 0.3311 | 0.0004 | 0.0183 | 0.0017 | 0.0829 | 0.3152 | |
| | 6 | Sin | 0.0138 | 0.0005 | 0.0013 | 0.0001 | 0.0065 | 0.0135 | |
| | | Con | 0.3681 | 0.0003 | 0.0160 | 0.0017 | 0.1042 | 0.3364 | |
| | 12 | Sin | 0.0096 | 0.0006 | 0.0016 | 0.0001 | 0.0038 | 0.0095 | |
| | | Con | 0.1284 | 0.0004 | 0.0170 | 0.0009 | 0.0382 | 0.1152 | |
| | 18 | Sin | 0.0113 | 0.0004 | 0.0012 | 0.0001 | 0.0054 | 0.0111 | |
| | | Con | 0.2663 | 0.0003 | 0.0159 | 0.0016 | 0.0732 | 0.2398 | |
| | | | SEM ² | 0.04728 | 0.00006 | 0.00095 | 0.00023 | 0.04103 | 0.09329 |
| | | | ASP | 0.0904 | 0.0344 | 0.3725 | 0.1925 | 0.0003 | <0.0001 |
| | | | Lineal | 0.4938 | 0.0094 | 0.129 | 0.0435 | 0.0005 | <0.0001 |
| | | | cuadrático | 0.0511 | 0.7088 | 0.9809 | 0.9622 | 0.0082 | 0.0121 |
| | | PB | <0.0001 | 0.001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | |
| | | ASP × PB | 0.1054 | 0.4339 | 0.7695 | 0.1867 | 0.0238 | 0.0003 | |
| Ovinos | 0 | Sin | 0.3397 | 0.0004 | 0.2393 | 0.0007 | 0.0435 | 0.2559 | |
| | | Con | 1.2473 | 0.0012 | 0.2242 | 0.0001 | 0.3329 | 1.2206 | |
| | 6 | Sin | 0.3854 | 0.0004 | 0.1513 | 0.0009 | 0.1225 | 0.3646 | |
| | | Con | 1.1147 | 0.0009 | 0.2064 | 0.0001 | 0.3378 | 1.1086 | |
| | 12 | Sin | 0.4619 | 0.0004 | 0.1302 | 0.0012 | 0.1858 | 0.4434 | |
| | | Con | 2.0313 | 0.0009 | 0.2088 | 0.0001 | 0.5828 | 2.0193 | |
| | 18 | Sin | 0.4411 | 0.0005 | 0.0802 | 0.0017 | 0.3073 | 0.4378 | |
| | | Con | 2.1130 | 0.0009 | 0.2286 | 0.0001 | 0.4249 | 2.0965 | |
| | | | SEM ² | 0.09605 | 0.00008 | 0.00611 | 0.00027 | 0.01540 | 0.04244 |
| | | | ASP | <0.0001 | 0.1312 | <0.0001 | 0.3353 | 0.2051 | 0.0689 |
| | | | Lineal | 0.0001 | 0.1786 | <0.0001 | 0.8577 | 0.7917 | 0.3780 |
| | | | cuadrático | 0.0218 | 0.0858 | 0.0004 | 0.0944 | 0.1466 | 0.0396 |
| | | PB | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | |
| | | ASP × PB | 0.0002 | 0.3226 | <0.0001 | 0.3825 | 0.2559 | 0.0820 | |
| Sem 2 agrupado | | | 0.07570 | 0.00007 | 0.00437 | 0.00025 | 0.03099 | 0.07247 | |
| <i>Valor p</i> | | | | | | | | | |
| RIS | | | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.2753 | <0.0001 | <0.0001 | |

| | | | | | | |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| ASP | <0.0001 | 0.0116 | <0.0001 | 0.3280 | 0.0004 | <0.0001 |
| Lineal | 0.0002 | 0.0071 | <0.0001 | 0.2033 | 0.0004 | <0.0001 |
| cuadrático | 0.1871 | 0.2199 | 0.0001 | 0.1787 | 0.0290 | 0.1091 |
| PB | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.1840 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × ASP | <0.0001 | 0.3681 | <0.0001 | 0.1824 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × PB | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| ASP × PB | 0.0012 | 0.8010 | <0.0001 | 0.1777 | 0.0529 | 0.0012 |
| RIS × ASP × PB | <0.0001 | 0.1376 | <0.0001 | 0.3850 | 0.0074 | <0.0001 |

1 b = es la producción asintótica de CO (mL CO g⁻¹ MS); c = es la tasa de producción de CO (mL CO h⁻¹); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción de CO (h).

2 SEM = error estándar de la media.

Cuadro 6. Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*Pedococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando como base bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de acacia (ASP) | Probiótico (PB) | Parámetros ¹ | | | mL H ₂ S g ⁻¹ DM incubado | | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|----------|---|----------|---------|---------|
| | | | <i>b</i> | <i>c</i> | Lag | 2 h | 24 h | 48 h | |
| Bovinos | 0 | Sin | 0.0757 | 0.00006 | 0.0159 | 0.00012 | 0.0367 | 0.0754 | |
| | | Con | 0.0178 | 0.00005 | 0.0184 | 0.00004 | 0.0050 | 0.0175 | |
| | 6 | Sin | 0.0686 | 0.00006 | 0.0154 | 0.00012 | 0.0345 | 0.0686 | |
| | | Con | 0.0108 | 0.00004 | 0.0215 | 0.00003 | 0.0018 | 0.0100 | |
| | 12 | Sin | 0.0668 | 0.00006 | 0.0152 | 0.00012 | 0.0344 | 0.0668 | |
| | | Con | 0.0101 | 0.00012 | 0.0231 | 0.00003 | 0.0024 | 0.0098 | |
| | 18 | Sin | 0.0632 | 0.00006 | 0.0149 | 0.00011 | 0.0335 | 0.0633 | |
| | | Con | 0.0152 | 0.00014 | 0.0247 | 0.00001 | 0.0024 | 0.0151 | |
| | | | SEM ² | 0.00237 | 0.000068 | 0.00795 | 0.000002 | 0.00046 | 0.00230 |
| | | | ASP | 0.0099 | <0.0001 | 0.0249 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | Lineal | 0.0056 | <0.0001 | 0.0042 | 0.0002 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | | cuadrático | 0.0418 | 0.1108 | 0.3275 | 0.0129 | <0.0001 | 0.0006 |
| | | PB | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | |
| | | ASP × PB | 0.1465 | <0.0001 | 0.0021 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0196 | |
| Ovinos | 0 | Sin | 0.0441 | 0.00003 | 0.0162 | 0.00012 | 0.0123 | 0.0383 | |
| | | Con | 0.2758 | 0.00001 | 0.0053 | 0.00000 | 0.0002 | 0.0069 | |
| | 6 | Sin | 0.0397 | 0.00004 | 0.0148 | 0.00011 | 0.0146 | 0.0385 | |
| | | Con | 0.2543 | 0.00000 | 0.0090 | 0.00000 | 0.0002 | 0.0051 | |
| | 12 | Sin | 0.0406 | 0.00004 | 0.0148 | 0.00012 | 0.0154 | 0.0396 | |
| | | Con | 0.0055 | 0.00001 | 0.0029 | 0.00000 | 0.0002 | 0.0053 | |
| | 18 | Sin | 0.0620 | 0.00006 | 0.0140 | 0.00014 | 0.0358 | 0.0625 | |
| | | Con | 0.3502 | 0.00000 | 0.0090 | 0.00000 | 0.0002 | 0.0161 | |
| | | | SEM ² | 0.00116 | 0.000086 | 0.08819 | 0.000007 | 0.00051 | 0.00235 |
| | | | ASP | <0.0001 | 0.0093 | 0.0079 | 0.0741 | 0.0001 | 0.0107 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|
| | Lineal | <0.0001 | 0.3842 | 0.0653 | 0.0114 | <0.0001 | 0.0071 |
| | cuadrático | <0.0001 | 0.0121 | 0.0119 | 0.6776 | 0.0359 | 0.0419 |
| | PB | <0.0001 | 0.7456 | <.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | ASP × PB | 0.0199 | 0.0007 | 0.0065 | 0.5563 | 0.5063 | 0.1371 |
| Sem 2 agrupado | | 0.00186 | 0.000078 | 0.06261 | 0.000005 | 0.00049 | 0.00233 |
| <i>Valor p</i> | | | | | | | |
| | RIS | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | ASP | <0.0001 | <0.0001 | 0.0028 | 0.4420 | <0.0001 | <0.0001 |
| | Lineal | 0.0064 | 0.0029 | 0.0301 | 0.2065 | <0.0001 | 0.0072 |
| | cuadrático | <0.0001 | 0.0026 | 0.0101 | 0.6660 | <0.0001 | <0.0001 |
| | PB | <0.0001 | 0.0021 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | RIS × ASP | <0.0001 | 0.0004 | 0.0039 | 0.0011 | <0.0001 | <0.0001 |
| | RIS × PB | <0.0001 | 0.0005 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | ASP × PB | 0.8488 | <0.0001 | 0.0018 | 0.0333 | <0.0001 | 0.8784 |
| | RIS × ASP × PB | 0.0076 | <0.0001 | 0.0033 | 0.5444 | <0.0001 | 0.0019 |

1 b = es la producción asintótica de H₂S (mL H₂S g⁻¹ MS); c = es la tasa de producción de H₂S (mL H₂S h⁻¹); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción de H₂S (h).

2 SEM = error estándar de la media.

Cuadro 7. Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión de metano (CH₄) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Acacia (*Delonix regia*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de Acacia (ASP) | Probiótico (PB) | Perfil de fermentación ruminal ¹ | | | | Eficiencia de conversión de CH ₄ ² | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|------------------|---|------------|--------------------------------|-----------------------------|--|---|---|
| | | | pH | DMD (%) | SCFA (mmol g ⁻¹ DM) | ME (MJ kg ⁻¹ DM) | CH ₄ :SCFA (mmol mmol ⁻¹) | CH ₄ :ME (g MJ ⁻¹) | CH ₄ :OM (mL g ⁻¹) |
| Bovinos | 0 | Sin | 7.09 | 88.76 | 4.71 | 66.09 | 6.34 | 7.84 | 11.50 |
| | | Con | 6.26 | 71.56 | 8.44 | 66.23 | 8.25 | 10.85 | 20.80 |
| | 6 | Sin | 6.96 | 85.86 | 4.42 | 95.61 | 6.19 | 10.97 | 15.78 |
| | | Con | 6.39 | 62.06 | 6.89 | 36.81 | 7.45 | 5.45 | 9.44 |
| | 12 | Sin | 6.99 | 89.01 | 4.41 | 79.77 | 6.18 | 9.01 | 12.85 |
| | | Con | 6.60 | 51.37 | 5.85 | 66.30 | 6.92 | 9.02 | 14.72 |
| | 18 | Sin | 7.19 | 87.33 | 4.29 | 113.11 | 6.12 | 12.71 | 18.07 |
| | | Con | 6.68 | 73.96 | 7.03 | 34.36 | 7.53 | 5.17 | 9.10 |
| | | SEM ³ | 0.045 | 2.739 | 0.203 | 11.301 | 0.105 | 1.018 | 1.444 |
| | | ASP | 0.003 2 | 0.107 4 | <0.0001 | 0.0070 | <0.0001 | 0.0003 | <0.0001 |

| | | | | | | | | | |
|--------|----|------------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Lineal | 0.000 4 | 0.648 3 | <0.0001 | 0.0030 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| | | cuadrático | 0.311 3 | 0.831 4 | <0.0001 | 0.0538 | <0.0001 | 0.5943 | 0.1249 |
| | | PB | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0082 | 0.4205 |
| | | ASP × PB | 0.002 5 | 0.033 6 | <0.0001 | 0.0030 | <0.0001 | <.0001 | <0.0001 |
| | | | | | | | | | |
| Ovinos | 0 | Sin | 6.86 | 73.65 | 1.57 | 41.89 | 4.72 | 2.21 | 2.43 |
| | | Con | 6.51 | 71.29 | 6.47 | 29.46 | 7.24 | 4.29 | 7.32 |
| | 6 | Sin | 6.88 | 71.39 | 1.86 | 85.24 | 4.87 | 5.21 | 5.90 |
| | | Con | 6.61 | 63.43 | 6.22 | 56.47 | 7.11 | 7.94 | 13.14 |
| | 12 | Sin | 6.85 | 79.83 | 1.96 | 126.95 | 4.92 | 8.18 | 9.39 |
| | | Con | 6.64 | 67.41 | 5.75 | 24.56 | 6.87 | 3.33 | 5.40 |
| | 18 | Sin | 6.86 | 83.76 | 4.59 | 115.81 | 6.27 | 13.55 | 19.72 |
| | | Con | 6.91 | 63.73 | 6.41 | 34.37 | 7.21 | 4.90 | 8.20 |
| | | SEM ³ | 0.031 | 2.593 | 0.250 | 20.718 | 0.128 | 2.453 | 3.709 |
| | | ASP | <0.00 01 | 0.002 2 | 0.0003 | 0.9694 | 0.0003 | 0.9720 | 0.8054 |
| | | Lineal | <0.00 01 | 0.853 5 | 0.0022 | 0.7194 | 0.0021 | 0.8720 | 0.4997 |
| | | cuadrático | 0.649 2 | 0.000 3 | 0.0003 | 0.8654 | 0.0003 | 0.9535 | 0.7394 |
| | | PB | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.0001 | 0.0204 | <0.0001 | 0.1676 | 0.6977 |
| | | ASP × PB | <0.00 01 | 0.001 4 | 0.0031 | 0.2262 | 0.0029 | 0.1587 | 0.0964 |
| | | | | | | | | | |
| | | SEM 3 agrupado | 0.039 | 2.667 | 0.228 | 16.688 | 0.117 | 1.878 | 2.815 |
| | | | | | | | | | |
| | | <i>Valor p</i> | | | | | | | |
| | | RIS | 0.781 6 | 0.002 3 | <0.0001 | 0.5189 | <0.0001 | 0.0076 | 0.0010 |
| | | ASP | <0.00 01 | 0.002 8 | <0.0001 | 0.1719 | <0.0001 | 0.2328 | 0.3231 |
| | | Lineal | <0.00 01 | 0.643 9 | 0.0884 | 0.0551 | 0.0911 | 0.0438 | 0.1110 |
| | | cuadrático | 0.269 4 | 0.005 6 | <0.0001 | 0.2595 | <0.0001 | 0.7942 | 0.3733 |
| | | PB | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | 0.0181 | 0.5086 |
| | | RIS × ASP | 0.119 5 | 0.017 7 | <0.0001 | 0.4022 | <0.0001 | 0.1242 | 0.0402 |
| | | RIS × PB | <0.00 01 | <0.00 01 | <0.0001 | 0.2749 | <0.0001 | 0.8595 | 0.9457 |
| | | ASP × PB | <0.00 01 | 0.003 6 | <0.0001 | 0.0276 | <0.0001 | 0.0038 | 0.0015 |
| | | RIS × ASP × PB | 0.006 1 | 0.001 6 | <0.0001 | 0.0989 | <0.0001 | 0.1071 | 0.0711 |

1 pH = es pH ruminal; DMD = es la degradabilidad de la materia seca; SCFA = son ácidos grasos de cadena corta; ME = es la energía metabolizable.

2 CH₄: SCFA = es la relación metano: ácidos grasos de cadena corta; CH₄:ME = es la relación metano: energía metabolizable; CH₄:OM = es la relación metano: materia orgánica.

3 SEM = error estándar de la media.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alagbe, JO., Adeoye, Adekemi, Oluwatobi, AO. (2020) Análisis próximal y mineral de delonix regia hojas y raíces. Revista Internacional de Educación Integrada. Vol. 3, número X, pg. 144.

Benavides Ballesteros H._O. y León Aristizabal G. E., (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. pg.36

Bolívar-Barrientos, J. L., Maldonado-Astudillo, I. Y., Vivar-Vera, M de los A., Sierra-Martínez, P., Huerta-Beristain, G. y Jiménez-Hernández, J. (2015). Propiedades químicas y viscosidad de goma de semilla de flamboyán (Delonix regia Boyer. Raf.). Tlamati, 6(2), pg14-17.

Bonilla Cárdenas J. A y Lemus Flores C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático. Revista mexicana de ciencias pecuarias.vol.3.no.2.

Bustinza_Rodríguez Hilda Y, (2016). Enraizamiento de estacas de Ponciana (Delonix regia) con 2 fuentes de Auxinas en diferentes concentraciones para otoño.

Carmona Juan C, Bolívar Diana M, Giraldo Luis A. (2005). El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo, Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, vol.18 no.1

Chávez Espinoza Miguel, Cantu Silva Israel, Gonzáles Rodríguez Humberto, Dante Oziel. (2022). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. Revista MVZ Córdoba. Vol.27. N.1.

Costantini, Alejandro Oscar; Perez, Mónica Gabriela; Busto, Mercedes; González, Franco Alexis; Cosentino, Vanina Rosa Noemi; Romaniuk, Romina Ingrid; Taboada, Miguel Angel, (2018). Emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera, Inta digital.

Duno de Stefano Rodrigo. (2012). El flamboyán (delonix regia) una embajadora de Madagascar para el mundo. herbario cicy, centro de investigación científica de Yucatán, a. c. (cicy). pg.55

Echeverri londoño C. A. (2006). Estimación de la emisión de gases de efecto invernadero en el municipio de Montería (Córdoba, Colombia). Revista Ingenierías Univercidad de Medellín. pg. 86.

Elghandour, M.M.M.Y., Vallejo, L.H., Salem, A.Z.M., Mellado, M., Camacho, L.M., Cipriano, M., Olafadehan, O.A., Olivares, J., Rojas, S.: Moringa oleifera leaf meal as an environmental friendly protein source for ruminants: biomethane and carbon dioxide production, and fermentation characteristics. J. Clean. Prod. 165, 1229-1238 (2017). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.151>.

Espinosa Velázquez E. (2021). Actividad ganadera y contaminación ambiental. Anales de la Real Academia de Doctores de España. Volumen 6, número 2.pg 247.

Faichney, J.G., White, G.A.: Methods for the Analysis of Feeds Eaten by Ruminants. Division of Animal Production, Ian Clunies Ross Animal Research Laboratory and Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. (1983).

Fajardo Zapata Alvaro L, Rodríguez Pulido Alba I, Téllez Mosquera Jairo A, Prieto Suárez E, Mora Pabón G, (2012). Estudio comparativo del comportamiento clínico cardiovascular y electrocardiográfico en dos poblaciones expuestas a monóxido de carbono, Vol. 60 No. 4.

FAO. 2016. Climate is changing. Food and agriculture must change too. Rome, Italy.

FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/mexico/fao-en-mexico/mexico-en-una-mirada/en/> (diciembre 2017) pg.304

Gamboa Alayon JA. (2018). Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería. Revista agroproductividad org.

García Martínez Maricela. (1996) Caracterización anatómica de las maderas de Populus deltoides Marshall ("Alamillo"), Jacaranda mimosiifolia D. Don ("Jacaranda") y Delonix regia (Bojer) Raf. ("Tabachín Rojo"). pg.20

Goering, M.K., Van Soest, P.J.: Forage Fibre Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications), pp. 1–24. Agricultural Research Service USDA, Washington, DC (1970).

Guzmán M. L, Veneciano J. H, Sager R.L (2014). *Emisiones de gases en un sistema ganadero intensivo. Ria. Revista de investigación agropecuaria. Vol.40 no.3.*

Horneck D.A., Miller, R.O.: Determination of total nitrogen in plant tissue. In: Handbook of reference methods for plant analysis (eds.) Karla Y. P., pp. 75-83 (1998). CRC Press, Boca Raton, Florida, United States of America

[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2) Invierno, Majes 2014.pag.19

Juárez Sequeira, López A, Fisoló HM, Juarena g, Arroquy j, nazareno ma.

L. A. Giraldo, M. J. Ranilla, M. L. Tejido y M. D. Carro. Efecto de la sustitución de *Brachiaria dictyoneura* por *acacia mangium* sobre la fermentación ruminal in vitro.

Martínez Castillo Blas E (2009). Efecto de la temperatura de incubación sobre la testa impermeable de las semillas de cuatro especies de leguminosas.pg.29.

Méndez Atenea. (2012) *Delonix regia*.

Menke, K.H., Raab, L., Salewski, A., Steingass, H., Fritz, D., Schneider, W.: The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor in vitro. *J. Agric. Sci.* 93, 217-222 (1979). <https://doi.org/10.1017/S0021859600086305>

Mertens, D.R.: Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80,1463-1481 (1997).

Nahed T. J, Sánchez, M., Mena, Y., Ruiz, R., Aguilar, J., Castel, A., Orantes, Z., Manzur, C., Cruz, L., y Delgadillo, P. (2013). Feasibility of converting agrosilvopastoral systems of dairy cattle to the organic production model in southeastern Mexico. *Journal of Cleaner Production*, 43,136-145.

Nair, P. K. R., y Garrity, D. (Eds.) (2012). *Agroforestry The Future of Global Land Use*. Springer Netherlands, 9(22), 542.

Navarro Ortiz Cesar A, Camilo Diaz Jhon, Roa Vega María L, Cuellar Leuro Enid, (2011). Comparación de la Técnica de Digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del meta. *Revista Sistemas de Producción Agroecológico*, vol.2.no.2, pag.1.

Nogué, S; Sanz-Gallén, P; Vilchez, D; Fernández- Solà, J, (2007). Secuelas neurológicas irreversibles causadas por una exposición al sulfuro de hidrógeno en un accidente laboral, Revista de Toxicología, vol. 24, núm. 1.pg.45

Nogué, S; Sanz-Gallén, P; Vilchez, D; Fernández-Solà, J. (2007). Secuelas neurológicas irreversibles causadas por una exposición al sulfuro de hidrógeno en un accidente laboral. Revista de Toxicología, vol. 24, núm. 1, 2007, pp. 45-47.

Ortega Martínez Rogelio S. (2015). Ley 845 de cambio climático en el estado de Guerrero. pag.3,4.

Padmore, J.M.: Animal Feed. In: Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (eds.) Helrick K., pp. 69-90. AOAC, Arlington, Virginia, United States of America. (1990).

Palma, J. M. (2006). Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 14(3), 95-104.

Ramírez Morillo Ivon Fernández Concha German Stefano Duno Rodrigo. Tapia Muñoz José L, (2018). Plantas embajadoras, Investigación y desarrollo.pg 2.

Roa V María; Muñoz M, Javier. (2012). Evaluación de la degradabilidad in situ en bovinos suplementados con cuatro especies arbóreas. Revista MVZ Córdoba, vol. 17, núm. 1, pg. 2901

SAGARPA. (2017). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Disponible en <https://www.gob.mx/siap/documentos/poblacion-ganadera-136762?idiom=es>.

Sánchez Parenne Mónica (2021). Delonix regia.

Singh Sumitra y Naresh Kumar Sonia. (2014). Una revisión; Introducción al Genero delonix. Revista mundial de farmacia y ciencias farmacéuticas.vol.3, numero.6.pg.5.

Sniffen, C.J., O'connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J. B.: A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. J. Anim. Sci. 70, 3562-3577 (1992). <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

Téllez Jairo, Rodríguez Alba, Fajardo Álvaro. (2006). Contaminación por Monóxido de Carbono: un Problema de Salud Ambiental, pg.109

Theodorou, M.K., Williams, B.A., Dhanoa, M.S., McAllan, A.B., France, J.: A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48, 185-197 (1994). [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)90171-6](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)90171-6)

Thiex, N., Novotny, L., Crawford, A.: Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited. *J. AOAC Int.* 95,1392-1397 (2012). <https://doi.org/10.5740/jaoacint.12-129>

Van Soest, P.V., Robertson, J.B., Lewis, B.A.: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597 (1991). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)

Velázquez, A.J., González Ronquillo, M., Bórquez, J., Domínguez, I.A. y Perezgrovas, R. (2011). Composición química y producción de gas *in vitro* de dietas con vainas de *Acacia farnesiana* *Arch. zootec. vol.60 no.231*. www.SIRE-PaquetesTecnologicos/DelonixRegia.

Yunga Álava Diana C. (2022). Rumiantes y emisión de gases de efecto invernadero. Universidad Técnica de Babahoyo.