



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



**VICTORIA HERNANDEZ BRITO**

**UTILIZACIÓN DE HARINA DE SEMILLAS DE Moringa (*Moringa oleífera*) Lam. EN  
LA ALIMENTACIÓN DE RUMIANTES COMO ESTRATEGIA PARA REDUCIR  
EL IMPACTO EN EL AMBIENTE**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PRESENTA**

**DIEGO EMMANUEL BARRAGÁN RAMÍREZ  
LILIANA DIRCIO CASTRO**

**Director**

**DR. EDSON BRODELÍ PACHECO FIGUEROA**

CIENCIA

EN

LA

NATURALEZA

**IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GUERRERO JUNIO, 2023**

|      |                                          | Página |
|------|------------------------------------------|--------|
|      | <b>ÍNDICE DE CUADROS</b>                 | I      |
|      | <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>                 | II     |
|      | <b>RESUMEN</b>                           | III    |
|      | <b>ABSTRACT</b>                          | X      |
| I.   | <b>INTRODUCCIÓN</b>                      | 1      |
| II.  | <b>OBJETIVOS</b>                         | 2      |
| 2.1  | Objetivo General                         | 2      |
| 2.2  | Objetivos específicos                    | 2      |
| III. | <b>HIPÓTESIS</b>                         | 3      |
| 3.1  | Hipótesis nula                           | 3      |
| 3.2  | Hipótesis alternativa                    | 3      |
| IV.  | <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>            | 4      |
| 4.1  | Impacto de la ganadería en el ambiente   | 4      |
| 4.2  | Gases de efecto invernadero              | 4      |
| 4.3  | Metano                                   | 5      |
| 4.4  | Monóxido de carbono                      | 5      |
| 4.5  | Sulfuro de hidrógeno                     | 5      |
| 4.6  | Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).     | 6      |
| 4.7  | Ubicación y distribución geográfica      | 7      |
| 4.8  | Adaptación a condiciones edafoclimáticas | 8      |
| 4.9  | Utilización en la alimentación animal    | 8      |
| 4.10 | Hojas                                    | 9      |
| 4.11 | Vainas                                   | 9      |
| 4.12 | Semillas                                 | 10     |
| V.   | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>              | 12     |
| 5.1  | <b>Ubicación del área de estudio</b>     | 12     |
| 5.2  | Colecta                                  | 13     |
| 5.3  | Molienda                                 | 13     |

|       |                                                                                     | Página |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 5.4   | Balanceo de las dietas experimentales                                               | 14     |
| 5.5   | Tratamientos experimentales                                                         | 17     |
| 5.6   | Fermentación ( <i>in vitro</i> )                                                    | 18     |
| 5.7   | Producción ruminal de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrogeno | 19     |
| 5.8   | Degradación aparente de la materia seca                                             | 20     |
| 5.9   | Cálculos                                                                            | 21     |
| 5.10  | Análisis Estadístico                                                                | 22     |
| VI.   | <b>RESULTADOS</b>                                                                   | 23     |
| 6.1   | Producción ruminal de gas total                                                     | 23     |
| 6.2   | Producción ruminal de metano                                                        | 26     |
| 6.3   | Producción ruminal de monóxido de carbono                                           | 29     |
| 6.4   | Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno                                          | 32     |
| VII.  | <b>CONCLUSIONES</b>                                                                 | 35     |
| VIII. | <b>APÉNDICE</b>                                                                     | 36     |
| IX.   | <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>                                                   | 43     |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Título                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Página |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1      | Componentes de hojas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                                                                                                       | 6      |
| 2      | Contenido de nutrientes en la semilla de ( <i>Moringa oleifera</i> ) (Makkar y Becker 1997).                                                                                                                                                                                                                                       | 10     |
| 3      | Cuantificación relativa de los ácidos grasos identificados en los extractos de las semillas y la nuez obtenidos por soxhlet y maceración.                                                                                                                                                                                          | 11     |
| 4      | Tratamiento 1 con 0% de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                                                                                                       | 15     |
| 5      | Tratamiento 2. Inclusión del 6% de harina de semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                                                                       | 15     |
| 6      | Tratamiento 3. Inclusión del 12% de harina de semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                                                                      | 16     |
| 7      | Inclusión del 18% de harina de semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                                                                                     | 16     |
| 8      | Experimentales y composición química con diferentes porcentajes de inclusión de harina de semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                                          | 18     |
| 9      | Producción ruminal de gas total (índice de tablas al lugar de cuadros) porcentajes de inclusión de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando como base de inóculo ruminal de bovinos y ovinos. | 36     |
| 10     | Parámetros y producción de metano (CH <sub>4</sub> ) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.    | 37     |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |    |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11 | Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.                          | 39 |
| 12 | Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.           | 40 |
| 13 | Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión de CH <sub>4</sub> de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal. | 41 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Título                                                                                                   | Página |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1      | Lugar de colecta de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ) Facultad de Ciencias agropecuarias y ambientales | 12     |
| 2      | Semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ) colectada                                                 | 13     |
| 3      | Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ) en vaina.                                                            | 13     |
| 4      | Molienda de semilla de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> )                                               | 13     |
| 5      | Semilla molida de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> )                                                    | 13     |
| 6      | Pesado de dieta completa                                                                                 | 14     |
| 7      | peso de componentes en diferentes porcentajes                                                            | 14     |
| 8      | Tratamientos realizados                                                                                  | 17     |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 9    | Limpieza de líquido ruminal                                                                                                                                                                                                                                                         | 18 |
| 10   | Incubación de dietas <i>in vitro</i>                                                                                                                                                                                                                                                | 18 |
| 11   | Extracción de metano                                                                                                                                                                                                                                                                | 19 |
| 12   | Extracción de dióxido de carbono                                                                                                                                                                                                                                                    | 19 |
| 13   | Medición del pH                                                                                                                                                                                                                                                                     | 20 |
| 14a. | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.                                                                           | 23 |
| 14b. | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ).                                                                                                                                        | 24 |
| 14c. | Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos. | 25 |
| 15a. | Cinética de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) ruminal de utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.                                                                                                                                                          | 26 |
| 15b. | Cinética de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.                                                                 | 27 |
| 15c. | Cinética de producción de metano (CH <sub>4</sub> ) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118).             | 28 |
| 16a. | Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>moringa oleifera</i> ) utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.                                                               | 29 |
| 16b. | Cinética de producción ruminal de gas monoxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>moringa oleifera</i> ).                                                                                                                          | 30 |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 16c. | Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118).                                                                             | 31 |
| 17a. | Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.                                                                                                              | 32 |
| 17b. | Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H <sub>2</sub> S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas Moringa ( <i>Maringa oleifera</i> ).                                                                                                                                                                             | 33 |
| 17c. | Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S) de una dieta con diferentes porcentajes de Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> ), semillas, sin y con adición de probiótico ( <i>Pediococcus acidilactici</i> BX-B122 y <i>Bacillus coagulans</i> BX-B118), y utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal. | 34 |

## RESUMEN

El trabajo de investigación Utilización de harina de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*). en la alimentación de rumiantes como estrategia para reducir el impacto en el ambiente se desarrolló en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales y en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UAEMex. Como trabajo laboral se llevó a cabo recolección, molienda y elaboración de dietas de semilla.

Se recolectaron semillas de vainas maduras de los árboles de Moringa (*Moringa oleífera*) que se encontraban en producción ubicados en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la ciudad de Iguala de la Independencia Gro., las semillas secas se trituraron en un molino de martillo.

Se elaboraron cuatro dietas incluyendo el testigo a base de sales minerales, rastrojo de maíz, harina de soja, harina de maíz molido a las cuales se les anexaron diferentes porcentajes de inclusión (6%,12% y 18%) de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleífera*). Posteriormente se llevaron al laboratorio de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UAMex, donde se desarrolló la evaluación de los diferentes gases *in vitro* gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno en dietas para bovinos y ovinos. El objetivo de esta investigación fue evaluar los gases de efecto invernadero que produjo la harina de semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) en diferentes porcentajes de inclusión en bovinos y ovinos. El trabajo de laboratorio consistió en pesar 500 mg de cada dieta balanceada las cuales se introdujeron en frascos de vidrio con capacidad de 160 mL añadiendo 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 ( $400 \pm 30$  kg PV) y cuatro ovinos sacrificado ( $45 \pm 5$  kg PV) en el rastro municipal de Toluca, Estado de México. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial  $2 \times 3$ , donde el factor A fueron dos fuentes de inóculo ruminal y el factor B tres niveles de inclusión de harina de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*), más el control y tres repeticiones. El análisis de los datos se realizó mediante el procedimiento GLM de SAS (2002) 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). La producción ruminal total de gas fue menor en ovinos, con 0 % de inclusión de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*), y sin adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). En la producción de metano (CH<sub>4</sub>), bovinos y ovinos producen igual cantidad de metano, y menor cantidad con 18 % de inclusión de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) y sin adición de probiótico. La menor producción de monóxido de carbono (CO) fue por los bovinos con 0% de adición de inclusión de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) y sin adición de probiótico; El sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S) lo producen en menor proporción los ovinos con cualquier porcentaje de inclusión de semilla de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*), pero con adición de probióticos.

Palabras clave: Dietas, producción de gas, bovinos ovinos.

## ABSTRACT

The research work use of seed flour Moringa (*Moringa oleifera*). ruminant feeding as a strategy to reduce the impact on the environment was developed at the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences and at the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics UAEMex. As work I know I carry out collection, grinding and preparation of seed diets.

Seeds of mature pods were collected from trees Moringa (*Moringa oleifera*) that were in production located in the Faculty of Agricultural and Environmental Sciences of the city of Iguala de la Independencia Gro., the dry seeds were crushed in a hammer mill. Four diets were prepared, including the control based on mineral salts, corn stubble, soybean meal, ground corn meal, to which different inclusion percentages (6%, 12% and 18%) of seed meal were added. Moringa (*Moringa oleifera*). Subsequently, they were taken to the laboratory of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics UAEMex. Where the evaluation of the different gases *in vitro* total gas, methane, carbon monoxide and hydrogen sulfide in diets for cattle and sheep was developed. The objective of this research was to evaluate the production of greenhouse gases that produced the seed meal of Moringa (*Moringa oleifera*) in different percentages of inclusion in cattle and sheep. The laboratory work consisted of weighing 500 mg of each balanced diet, which were introduced into glass flasks with a capacity of 160 mL, adding 40 mL of nutrient medium and 10 mL of rumen fluid. The nutritive medium used was prepared following the Goering and Van Soest (1970) methodology, while the rumen liquid was obtained from the filtration (four layers of cheesecloth) of the rumen content of four cattle (400 ± 30 kg LW) and four sheep. slaughtered (45 ± 5 kg LW) in the municipal slaughterhouse of Toluca, State of Mexico. The experimental design was completely randomized with a 2 × 3 factorial arrangement, where factor A were two sources of rumen inoculum and factor B three levels of inclusion of Moringa (*Moringa oleifera*) seed meal, plus the control and the three repetitions. Data analysis was performed using the GLM procedure from SAS (2002). The data obtained in PSI were transformed to mL, and the production kinetics of total gas, methane, carbon monoxide, and hydrogen sulfide were calculated by adjusting the volume of each gas with the NLIN procedure of SAS (2002), and according to the model proposed by France et al (2000).

Total ruminal gas production was lower in sheep, with 0 % inclusion of Moringa (*Moringa oleifera*) seed, and without addition of probiotics (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118). In the production of methane (CH<sub>4</sub>), cattle and sheep produce the same amount of methane, and less with 18 % inclusion of Moringa (*Moringa oleifera*) seed and without the addition of probiotics. The lowest production of carbon monoxide (CO) was by bovines with 0 % addition of Moringa (*Moringa oleifera*) seed inclusion and without addition of probiotics; Hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) is produced to a lesser extent by sheep with any percentage of inclusion of Moringa (*Moringa oleifera*) seed, but with the addition of probiotics.

Keywords: Diets, gas production, bovine sheep.

## I. INTRODUCCION

La semilla de Moringa (*moringa oleífera*) en bovinos y ovinos es importante para reemplazar forrajes que son utilizados para la ganadería, esta es la solución para los problemas que pasa la ganadería principalmente, ya que la semilla de Moringa (*Moringa oleífera*) es muy resistente a cualquier clima así como para la alimentación del animal, principalmente contribuye mucho para la producción de leche, gracias a sus altos nutrientes, es importante también para disminuir la contaminación ambiental, así mejorando la economía del productor (Héctor, 2022).

El uso de la semilla de Moringa (*moringa oleífera*) sobre sale ya que es una fuente de alimentación de eficiente alternativa para mejorar la utilización de dietas basales de baja a mediana calidad para rumiantes en los sistemas de producción de ganado en el trópico de México accesibles por su bajo costo, La suplementación con Moringa (*Moringa oleífera*) es una eficiente alternativa para mejorar la utilización de dietas basales de baja a mediana calidad y es un recurso altamente disponible y además sumamente rentable, para pequeños productores (Joaquín, 2017).

Los gases de efecto invernadero más en el orden de abundancia en el planeta tierra son: CO<sub>2</sub> es el responsable del 70% de los gases con efecto invernadero (GEI) ,CH<sub>4</sub>: 20% de los GEI ,N<sub>2</sub>O: (7%) de GEI , HFC: es 1% de los GEI, PFC: es 1% de los GEI .SF<sub>6</sub>: es 1% de los GEI. Vapor de agua, es el que tiene más GEI, por su capacidad de retener el calor que emana la superficie de la tierra (Javier,2012).

## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de la inclusión de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la fermentación entérica y la producción de gases de efecto invernadero.

### 2.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre las características del perfil de fermentación y la eficiencia de conversión de metano, usando como fuente de inóculo a bovinos y ovinos.

Evaluar el efecto de la inclusión de tres niveles de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en dietas balanceadas para rumiantes sobre la producción de gas total, metano, monóxido de carbono y sulfuro de hidrógeno ruminal, usando como fuente de inóculo bovinos y ovinos.

### III. HIPÓTESIS

#### 3.1 Hipótesis nula

La inclusión de niveles crecientes de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en dietas balanceadas para rumiantes afectará negativamente el perfil de fermentación ruminal y aumentará la producción de gases de efecto invernadero, por lo que no podría usarse como un alimento sustentable en la ganadería y reducir el impacto ambiental.

#### 3.2 Hipótesis alternativa

La inclusión de niveles crecientes de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) 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 reducir el impacto ambiental.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Impacto de la ganadería en el ambiente

De acuerdo a las investigaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el sector ganadero puede llegar a generar más gases de efecto invernadero que el sector del transporte, y reconoce que este sector está relacionado con la degradación del suelo y de los recursos hídricos. Por lo cual se considera que de no adoptarse nuevas alternativas, continuarán en aumento los datos registrados que muestran que cada año se consume más carne y productos lácteos y que para el año 2050 podrían llegarse a las 465 millones de toneladas de producción mundial de carne (Chavarías.S.f. 2022).

### 4.2 Gases de efecto invernadero

El efecto invernadero involucra la tierra, los gases atmosféricos y el sol. Los gases de efecto invernadero se pueden producir naturalmente como antropogénicos estos gases son componentes de la atmósfera, que nos ayudan a absorber y a emitir la radiación solar en longitudes de ondas de radiación infrarroja, esta radiación proviene del calor que produce la tierra por la radiación solar. Los principales gases de efecto invernadero son.

- Metano ( $\text{CH}_4$ )
- Vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )
- Óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ )
- Dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ )
- Ozono ( $\text{O}_3$ )
- El sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ )

En la atmósfera se encuentran algunos gases de efecto invernadero producidos íntegramente por el ser humano algunos de estos gases compuestos que contienen bromo, cloro, flúor y carbono estos gases también actúan como gases de efecto invernadero que actualmente son la causa del desgaste de la capa de ozono en la atmósfera de la tierra (Benavides. B.H León .A.G 2007).

### 4.3 Metano

El metano ( $\text{CH}_4$ ) es un hidrocarburo, componente principal del gas natural. Es un “gas de efecto invernadero” por lo que su presencia en la atmósfera afecta la temperatura y el sistema climatológico de la tierra.

El metano como gas de efecto invernadero después del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), ocupa el segundo lugar en cuanto a gases de efecto invernadero causados por las actividades humanas. También se considera un gas de efecto invernadero potente debido a que es 23 veces más eficaz para atrapar el calor dentro de la atmósfera que el  $\text{CO}_2$ . En los últimos dos siglos, las concentraciones de metano en la atmósfera han aumentado más del doble. Las concentraciones atmosféricas se determinan por el equilibrio entre el índice de ingreso y el índice de eliminación. Los índices de ingreso han aumentado debido a las actividades humanas, mientras que los índices de eliminación se determinan mediante la eficacia de los “sumideros”, los sistemas que absorben o neutralizan un gas de efecto invernadero (Sargent, 1988).

#### **4.4 Monóxido de carbono**

El monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) se genera principalmente por la combustión incompleta de cualquier derivado del petróleo. Es un gas sin olor o sabor este gas abunda principalmente en el aire libre así como en interiores debido las actividades humanas y por fuentes naturales una de las actividades humanas más relevante donde se produce la mayor cantidad de monóxido de carbono es en el escape de los motores de automóviles, chimeneas, hornos y distintos aparatos que lo producen. El monóxido de carbono es liberado al aire libre y permanece en la atmosfera de la tierra dos meses los microorganismos que se encuentran en el suelo como en el agua lo convierten en dióxido de carbono (Rivera.2012).

#### **4.5 Sulfuro de hidrógeno**

El sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) está presente de manera natural en el petróleo crudo, el gas natural, los gases volcánicos y los manantiales de aguas termales. También puede producirse por la descomposición bacteriana de la materia orgánica. Las bacterias de la boca y del tubo digestivo producen sulfuro de hidrógeno durante la digestión de alimentos que contienen proteínas vegetales o animales (Carbonilo, 2016).

#### 4.6 Moringa (*Moringa oleifera*)

La Moringa (*Moringa oleifera*) es una especie comestible que se introdujo a América en el siglo XIX desde Filipinas por tripulantes de la Nao de China. Esta planta es comestible por su valor nutricional y valor medicinal. También suele usarse para remedios caseros y enfermedades respiratorias así como también otros usos como enfermedades de los ojos y de la piel, asma, hemorroides y epilepsia. La Moringa (*Moringa oleifera*) se ha vuelto muy importante por el uso común por el alto valor nutricional ya que contiene fibra, carbohidratos, aminoácidos y proteínas esto indica que puede ser materia prima para la industria alimentaria, de alimentos balanceados para animales y de cosméticos (Aney, Rashmi, Maushumi, & Kiran, 2009). Moringa (*Moringa oleifera*) (Familia Moringácea) es una de las especies del genero moringa que se puede identificar por su vaina larga y lechosa esta planta es arbórea que es muy accesible a climas cálidos y este árbol puede alcanzar hasta 10 metros. Actualmente la Moringa (*moringa oleifera*) se ha comenzado a producir de manera continua en México en pequeñas áreas de traspatio como también en invernaderos (Velázquez Z.M. Peón. E.I Zepeda. B.R Jiménez A.M 2016).

**Cuadro 1. Componentes de hojas de Moringa (*moringa oleifera*).**

| Componentes      | Por cada 100 g de hoja |
|------------------|------------------------|
| Agua             | 75 g                   |
| Proteínas        | 6.7 g                  |
| Grasa            | 1.7 g                  |
| Carbohidratos    | 14.3 g                 |
| Fibra            | 0.9 g                  |
| Ceniza           | 2.3 g                  |
| Calcio           | 440 mg                 |
| Fosforo          | 70 mg                  |
| Hierro           | 7 mg                   |
| Cobre            | 110 µg                 |
| Yodo             | 5.1 µg                 |
| Vitamina A       | 11,300 UI              |
| Vitamina B       | 120 µg                 |
| Ácido nicotínico | 0.8 mg                 |
| Ácido ascórbico  | 220 mg                 |
| Detocoferol      | 7.4 mg                 |

Nota: También contiene sustancias como estrógenos, incluyendo el compuesto antitumoral  $\beta$ -sitosterol y una esterasa.

#### **4.7 Ubicación y distribución geográfica de la Moringa (*Moringa oleifera*)**

Es una especie originaria del sur del Himalaya, donde crece desde el noreste de Pakistán (33 °N 73 °E), atravesando Nepal y norte de la India, hasta el noroeste de Bangladesh. Tanto en Veracruz como en Tabasco ya se está sembrando Moringa (*Moringa oleifera*).

Más concretamente, en el subcontinente Indio se sitúa en el estado de Jammu y Cachemira, extendiéndose por las fronteras que forman los estados de Himachal Pradesh, Punjab, Maryana, Uttaranchal hasta alcanzar las zonas de Agra y Oudh, en el estado de Uttar Pradesh, India (33 °N, 73 °E) (Arias, 2014).

Desde hace diez años, se ha incrementado el interés por el cultivo de Moringa (*moringa oleifera*) en el México; sin embargo, actualmente tiene un nuevo apogeo, al igual que en el resto del mundo, debido a dos hallazgos recientes de laboratorio, tales como su alto contenido de proteínas y sus propiedades anticancerígenas. Las cifras más recientes del Sistema Agroalimentario Mexicano (SIAP, 2020) indican que se cultiva en ocho municipios de cuatro entidades federativas (Michoacán, Oaxaca, Puebla y Quintana Roo), (en Veracruz se sembró una hectárea para la investigación del Dr. Armando Parra), con una superficie total de 411 ha plantadas y una producción anual de 1 328 toneladas de hojas, que tienen un valor de venta de 8 mil pesos por tonelada, lo que representa ingresos anuales del orden de 13.5 millones de pesos mexicanos (Carrión *et al.*,2022).

#### **4.8 Adaptación a condiciones edafoclimáticas**

Temperatura: Por ser una planta de origen tropical, se desarrolla en climas semiáridos, semi-húmedos y húmedos. La Moringa (*Moringa oleifera*) crece bien en alturas que

van desde el nivel del mar hasta los 1200 m de altitud y prospera en temperaturas altas, considerándose óptimas para un buen comportamiento las que están entre 24 y 32 °C.

**Humedad:** El agua es vital para el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que actúa como constituyente, solvente, responsable de la turgencia celular y reguladora de su temperatura, por lo que la cantidad, frecuencia e intensidad de las lluvias determinan en gran medida la adaptación de una especie forrajera particular a un ambiente determinado. La Moringa (*Moringa oleifera*) necesita al menos 700 mm anuales de agua.

**Suelos:** El suelo es la parte de la corteza terrestre donde crecen las plantas. Está constituido de una mezcla dinámica de materiales inorgánicos, orgánicos, aire y agua, donde ocurren diversos procesos que afectan la disponibilidad de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas.

La Moringa (*Moringa oleifera*) puede crecer en todo tipo de suelos, desde suelos ácidos hasta alcalinos (pH 4.5 a 8.0), aunque la mejor respuesta en desarrollo y productividad se obtiene en suelos neutros o ligeramente alcalinos, bien drenados o arenosos y donde el nivel freático permanece bastante alto por todo el año; tolera suelos arcillosos, pero no encharcamientos prolongados (Sánchez *et al.*, 2017).

#### **4.9 Utilización en la alimentación animal**

La Moringa (*Moringa oleifera*) es un alimento recomendado para sistemas de producción porcinos por los niveles de proteína que demandan la producción agrícola. Se han reflejado resultados favorables de peso vivo, hay una gran producción de leche y una ganancia de peso en crías en nacimiento. Los animales han mostrado resultados con bajas nutricionales. Hay dos formas de distribución liofilizada y fresca anexando diferentes componentes. Se optado por guardar por un tiempo razonable como también las semillas para la alimentación de animales de engorda (Ballesteros *et al.*, 2018).

#### **4.10 Hojas**

Las hojas de Moringa (*Moringa oleifera*), son compuestas alternadas, por lo general tripinadas y en algunos casos bipinadas, cuya longitud varía entre los 20 a los 70 cm, pero pueden alcanzar tamaños de 90 cm. Portan unas pequeñas glándulas en la base del pecíolo y el foliolo, las cuales exudan un líquido claro o de color ámbar.

Las hojas individuales o folíolos presentan una forma elíptica y están distribuidos en grupos de folíolos con 5 o más pares de estos acomodados de manera opuesta sobre el pecíolo principal, que puede tener una longitud alrededor de 4 a 15 cm, y un foliolo de 1 a 2 cm de longitud en el ápice de la hoja compuesta. Los folíolos contienen láminas foliares de 200 mm de área en promedio, tienen forma ovalada, elíptica u oblonga con una longitud de 10 a 24 mm y un ancho entre los 5 y 18 mm (Ballesteros *et al.*, 2018).

#### **4.11 Vainas**

El fruto está formado por tres lígulas en forma triangular y lineal, que dan la apariencia de vaina. Miden de 20 a 45 cm de largo y 1 a 2 cm de espesor. Si se corta transversalmente se observa una sección triangular con varias semillas dispuestas a lo largo (Alfaro *et al.*, 2008).

Las vainas y semillas son ricas en nutrientes (Tabla 3). El aceite que se extrae de las semillas es de alta calidad y tiene muchas aplicaciones, contiene ácidos grasos insaturados los cuales son usados en ensaladas, se encuentran en el mercado capsulas de aceite para combatir el colesterol (Adisakawattana y Chanathong *et al.*, 2011).

**Cuadro 2. Contenido de nutrientes en la semilla de Moringa (*Moringa Oleifera*) (Makkar y Becker 1997).**

| Componentes     | 100 g de vaina c/semilla | Núcleo de la semilla | Aceite de la semilla |
|-----------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| Agua            | 86.9g                    | NR*                  | NR                   |
| Proteínas       | 2.5g                     | 38.4g (cruda)        | NR                   |
| Grasa           | 0.1g                     | NR                   | NR                   |
| Carbohidratos   | 8.5g                     | NR                   | NR                   |
| Fibra           | 4.8g                     | NR                   | NR                   |
| Ceniza          | 2.0g                     | NR                   | NR                   |
| Calcio          | 30mg                     | NR                   | NR                   |
| Fósforo         | 110mg                    | NR                   | NR                   |
| Hierro          | Yodo                     | 1.8 µg               | NR                   |
| Vitamina A      | 184UI**                  | NR                   | NR                   |
| Niacina         | 0.2mg                    | NR                   | NR                   |
| Ácido ascórbico | 120mg                    | NR                   | NR                   |
| Cobre           | 310µg                    | NR                   | NR                   |
| Yodo            | 1.8 µg                   | NR                   | NR                   |
| Aceite graso    | 1.8 µg                   | 34.7%                | NR                   |
| Ácido palmítico | 1.8 µg                   | NR                   | 9.3%                 |
| Ácido esteárico | 1.8 µg                   | NR                   | 7.4%                 |
| Ácido benzoico  | 1.8 µg                   | NR                   | 8.6%                 |
| Ácido oleico    | 1.8 µg                   | NR                   | 65.7%                |

El total resultante después de la extracción de aceite contiene 58,9% de proteína cruda.\* NR (no reportado) UL\*\* (Una millonésima párate de un litro)

#### 4.12 Semillas

Las semillas son de color pardo, alcanzan 1 cm de diámetro y un peso promedio de 0.3 gramos cada una; se extraen directamente de las vainas maduras y secas en el árbol. Las vainas maduras permanecen en el árbol por varios meses antes de partirse y de liberar las semillas (Rubio, 2019). La semilla debido a su contenido entre un 30 y 45 % de aceite (Gómez .*et.al.*, 2016).

**Cuadro 3. Cuantificación relativa de los ácidos grasos identificados en los extractos de las semillas y la nuez obtenidos por soxhlet y maceración.**

| Tr (min.) | Compuesto                             | Semillas |       | Nuez  |       |
|-----------|---------------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|           |                                       | SS       | MS    | SN    | MN    |
| 15,03     | Ácido hexadecenoico                   | 3,07     | 3,43  | 2,98  | 2,87  |
| 15,24     | Ácido hexadecanoico                   | 11,79    | 11,35 | 11,51 | 11,20 |
| 17,00     | Ácido octadecenoico                   | 50,82    | 53,74 | 57,25 | 57,03 |
| 17,16     | Ácido octadecanoico                   | 10,78    | 9,88  | 9,71  | 9,53  |
| 18,63     | Ácido eicosenoico                     | 5,28     | 4,67  | 4,27  | 4,34  |
| 18,79     | Ácido eicosanoico                     | 6,34     | 5,78  | 5,45  | 5,58  |
| 20,05     | Ácido docosanoico<br>(ácido behénico) | 8,88     | 8,31  | 7,21  | 7,84  |
| 21,55     | Ácido tetracosanoico                  | 2,30     | 2,06  | 1,38  | 1,46  |

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación Área de estudio

La colecta de la semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) se realizó en el mes de noviembre del 2022 en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales ubicada Periférico Poniente S/N Frente a la Colonia Villa de Guadalupe; Iguala de la Independencia, Gro.

**Figura 1. Lugar de colecta de Moringa (*moringa oleifera*) Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales.**



### 5.1 Colecta

La colecta de semilla de Moringa (*moringa oleifera*) se hizo a partir de cápsulas alargadas y colgantes y que contenían semillas oscuras para así poder secarlas y tener cero porcentaje humedad. La colecta se realizó en Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Periférico Poniente S/N Frente a la Colonia Villa de Guadalupe; Iguala de la Independencia, Gro.

**Figura 3. Semilla de Moringa (*moringa oleifera*) colectada.**



**Figura 2. Moringa (*Moringa oleifera*) en vaina.**



### **5.3 Molienda**

Una vez recolectadas las semillas se trituraron las semillas con una picadora de forraje hasta obtener harina.

.

.

**Figura 5. Molienda de semilla de Moringa (*moringa oleifera*).**



**Figura 4. Semilla molida de Moringa (*moringa oleifera*).**



### **5.4 Balanceo de las dietas experimentales**

Dietas integrales con diferentes porcentajes de inclusión a base de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) para la alimentación animal.

**Figura 7. Pesado de dieta completa.**



**Figura 6. Peso de componentes en diferentes porcentajes.**



**Cuadro 4. Tratamiento 1 con 0% de Moringa (*Moringa oleifera*).**

| INGREDIENTES                        | kg          | %          |
|-------------------------------------|-------------|------------|
| Maíz molido                         | 1,34        | 73,5       |
| Rastrojo de maíz (Fibra)            | 0,27        | 15         |
| Soya                                | 0,16        | 9          |
| <b>Harina de semilla de Moringa</b> | <b>-</b>    | <b>0</b>   |
| Sales M.                            | 0,05        | 2,5        |
| <b>Total</b>                        | <b>1,82</b> | <b>100</b> |

**Cuadro 5. Tratamiento 2. Inclusión del 6% de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*).**

| INGREDIENTES                        | kg           | %          |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| Maíz molido                         | 1,229        | 67,5       |
| Fibra (Rastrojo de maíz)            | 0,273        | 15         |
| Soya                                | 0,164        | 9          |
| <b>Harina de semilla de Moringa</b> | <b>0,109</b> | <b>6</b>   |
| Sales M.                            | 0,046        | 2,5        |
| <b>Total</b>                        | <b>1,820</b> | <b>100</b> |

**Cuadro 6. Tratamiento 3. Inclusión del 12% de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*).**

| INGREDIENTES                        | kg           | %          |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| Maíz molido                         | 1,119        | 61,5       |
| Rastrojo de maíz                    | 0,273        | 15         |
| Soya                                | 0,164        | 9          |
| <b>Harina de semilla de moringa</b> | <b>0,218</b> | <b>12</b>  |
| Sales M.                            | 0,046        | 2,5        |
| <b>Total</b>                        | <b>1,820</b> | <b>100</b> |

**Cuadro 7. Tratamiento 4. Inclusión del 18% de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*).**

| INGREDIENTES                        | kg           | %          |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| Maíz molido                         | 1,010        | 55,5       |
| Rastrojo de maíz                    | 0,273        | 15         |
| Soya                                | 0,164        | 9          |
| <b>Harina de semilla de moringa</b> | <b>0,328</b> | <b>18</b>  |
| Sales M.                            | 0,046        | 2,5        |
| <b>Total</b>                        | <b>1,820</b> | <b>100</b> |

### 5.5 Tratamientos experimentales

Los tratamientos consistieron en la inclusión de tres niveles (6,12 y 18 %) de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en dietas balanceadas para ganado rumiante. Los ingredientes utilizados en la dieta fueron rastrojo, grano de maíz (*Zea mays L.*), grano de soya (*Glycine máx*) y sales minerales, todo se consiguió en un negocio local. En el caso de la harina, la semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) se recolectó de árboles silvestres con una edad aproximada de 4 años, en el municipio de Iguala de la Independencia Guerrero, México, y bajo el criterio de que las vainas tenían que estar maduras (con coloración café). Una vez recolectada la semilla, se sometió a un proceso de deshidratación a temperatura ambiente en un sitio libre de radiación solar y humedad, y posteriormente, se trituroó con una picadora de forraje. La mezcla de los ingredientes, incluida la harina de semillas de Moringa (*moringa oleifera*), se realizó manualmente en una cubeta de 20 L y en los porcentajes que se indica en el Cuadro 8.

**Figura 8. Tratamientos realizados.**



**Cuadro 8. Experimentos y composición química con diferentes porcentajes de inclusión de harina de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*).**

| Ingredientes                              | Nivel de harina de semilla de moringa |      |      |      |
|-------------------------------------------|---------------------------------------|------|------|------|
|                                           | 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 moringa <sup>1</sup> | 0.0                                   | 6.0  | 12.0 | 18.0 |
| Sales minerales                           | 2.5                                   | 2.5  | 2.5  | 2.5  |
| Composición química                       |                                       |      |      |      |
| Proteína                                  | 12                                    | 10   | 10   | 10,4 |
| Ceniza                                    | 9                                     | 4,7  | 4,6  | 0    |
| Fibra detergente neutra                   | 4                                     | 2,8  | 2,8  | 3    |
| Fibra detergente ácida                    | 2,2                                   | 2    | 2    | 2,2  |
| MS                                        | 87                                    | 86   | 86   | 85   |
|                                           |                                       |      |      |      |
|                                           |                                       |      |      |      |

## 5.6 Fermentación *in vitro*

Se pesaron 500 mg 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 ( $400 \pm 30$  kg PV) y cuatro ovinos sacrificado ( $45 \pm 5$  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 (Binder® serie BD) a  $39\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 48 h, no sin antes agitarlos ligeramente. En total se incubaron 27 frascos, 12 con cada inóculo y 3 blancos para la corrección de los datos obtenidos.

**Figura 9. Limpieza de líquido ruminal.**



**Figura 10. Incubación de dietas *in vitro*.**



## 5.7 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 x 32 mm) e inyectarlo a un detector portátil de gases (Dräger X-am<sup>®</sup>, modelo 2500) por medio de una bomba externa (Dräger X-am<sup>®</sup>).

**Figura 11. Extracción de gas metano.**



**Figura 12. Extracción dióxido de carbono.**



### **5.8 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<sup>®</sup> Instruments modelo HALO<sup>®</sup> HI11102). El residuo obtenido se lavó con abundante agua de la llave y se deshidrató en una estufa se 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 13. Medición del pH.**



### **5.9 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).

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

Donde:

$y$  = volumen de producción de gas al tiempo  $t$

$b$  = producción de gas asintótica (mL g<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup> MS) se calculó con la ecuación propuesta por Menke *et al.* (1979):

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

Donde:

PC = proteína cruda (%)

C = cenizas (%)

PG = producción de gas (mL gas 200 mg<sup>-1</sup> 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:

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

Donde:

PG = PG neta en 24 h (mL 200 mg<sup>-1</sup> MS)

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

### 5.10 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 semillas de Moringa (*moringa oleifera*), 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

$\mu$ : media general.

$A_i$ : efecto de la fuente de inóculo ruminal

$B_j$ : efecto del nivel de inclusión de harina de semillas de Moringa (*moringa oleifera*)

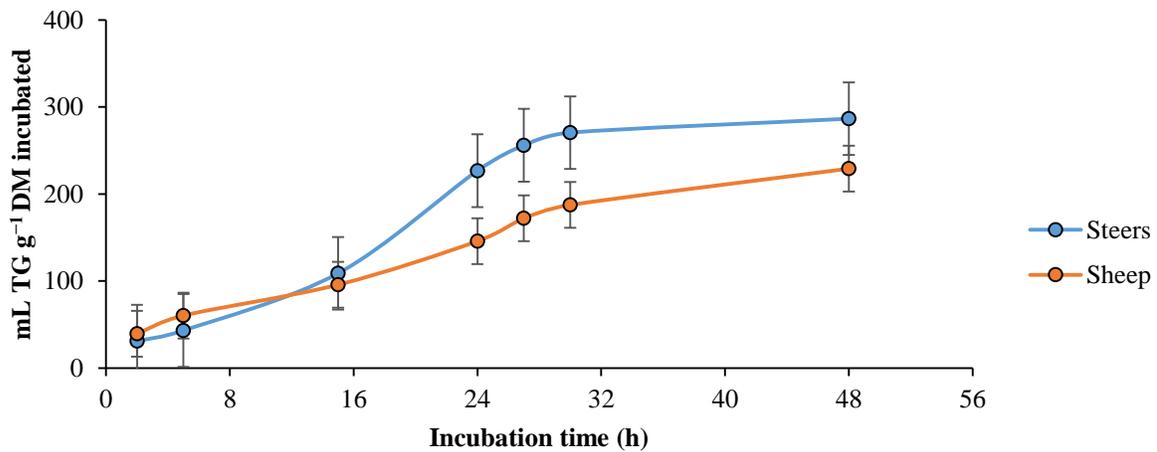
$(A \times B)_{ij}$ : efecto de la interacción entre la fuente de inóculo ruminal y el nivel de inclusión de harina de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*)

$\epsilon_{ijk}$ : error experimental.

Además, se utilizaron contrastes de polinomios lineales y cuadráticos para examinar la respuesta de los niveles de inclusión de harina de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*) con cada fuente de inóculo ruminal, y donde hubo diferencias estadísticas significativas se aplicó la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

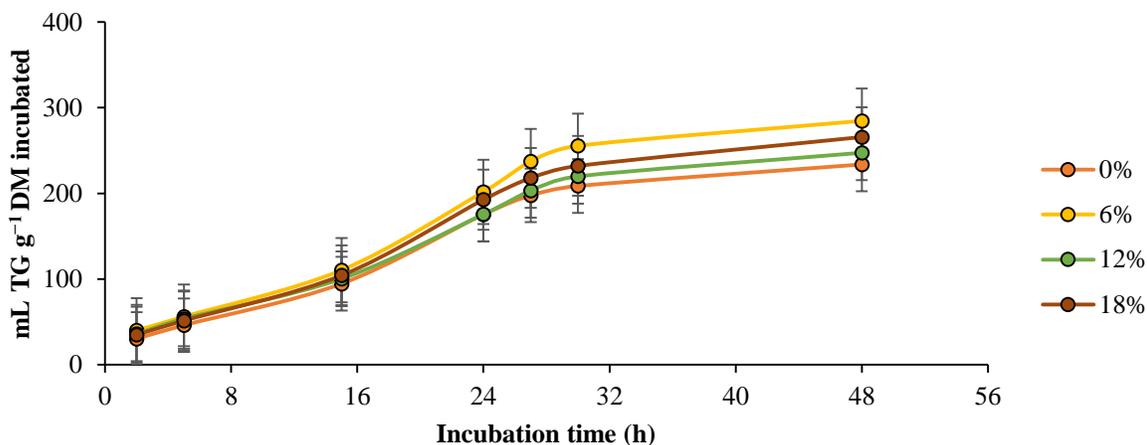
## VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 6.1 Producción ruminal de gas total



**Figura 14a. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

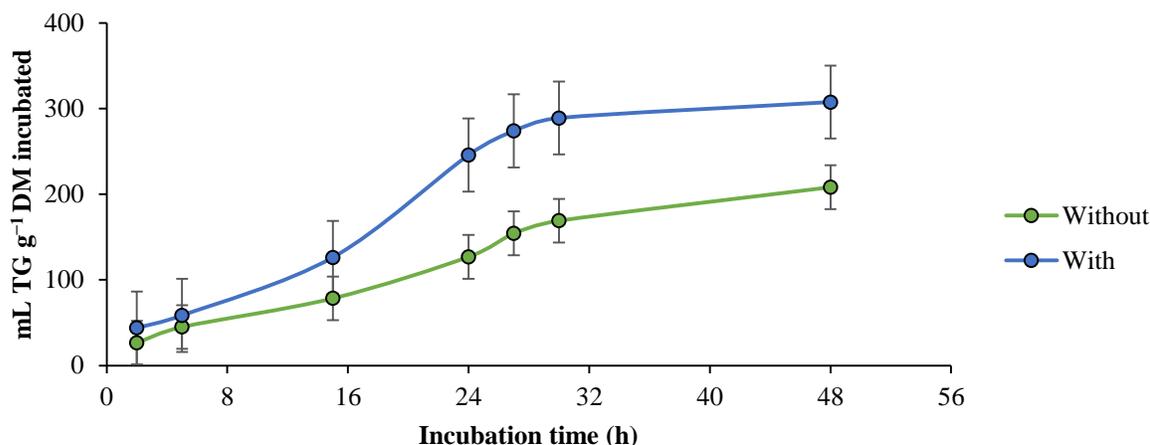
La producción ruminal de gas total (LR) en la cinética de producción mostrada en la figura 17a se observa que al inicio de la incubación presenta efectos a las 2 h con una cantidad de gas total de 39.510 y 39.510 mL GT g<sup>-1</sup> MS incubada, el líquido ruminal LR extraído de los bovinos y ovinos ,posteriormente muestra hasta las 24 h con una cantidad de 226,797 y 145,837 mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado respectivamente , se denota un aumento considerable en la producción de gas en menor cantidad hasta llegar a las 48 h donde el total de la producción de gas total para LR de bovinos y en ovinos fue de 286,567 y 229,175 mL TG g<sup>-1</sup> MS incubado respectivamente.



**Figura 14b. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*).**

La cinética de producción de gas total en la figura 17b muestra los tiempos de incubación 8, 16, 24, 32, 40, y 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*), (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en esta grafica se muestra un aumento lineal, a partir de 2 h con 34.988 mL TG g<sup>-1</sup> MS incubada para los 4 porcentajes, hasta las 27 h con una producción de gas total donde los que muestran mayor producción son el de 6 % y 18 % con 237.449 y 217.941 mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado para terminar con el registro de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas es el de 48 h al 6 % con una cantidad de 284.618 mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado, y el de menor producción de gas total fue el testigo (0 %) con 247.373 mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado.

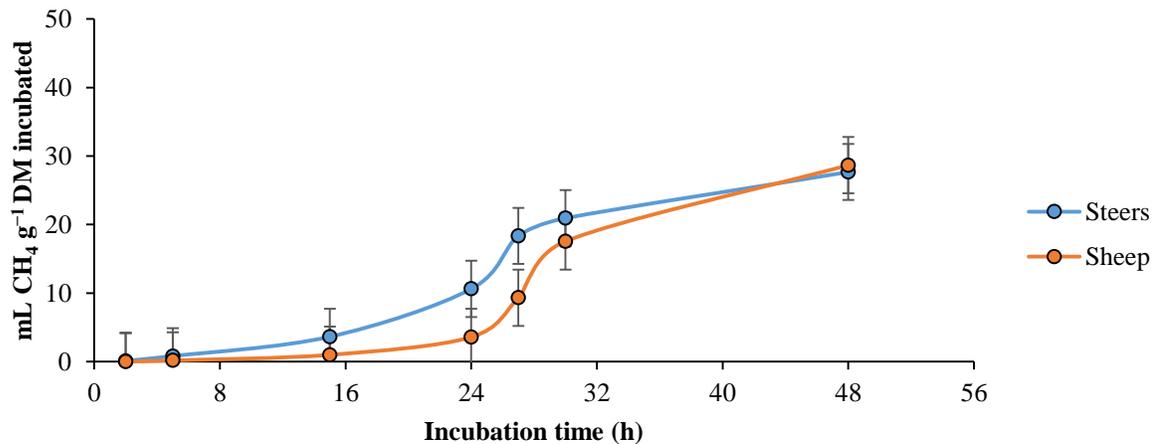
Los resultados obtenidos en el presente trabajo son mayores que los que reporta Jiménez *et al.* (, .2019) debido a que el testigo registro 130.1 mL las 48 h donde sus dietas fueron compuestas por maíz, melaza entre otras, con ovinos.



**Figura 14c. Cinética de producción ruminal de gas total (TG) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos.**

En cuanto a la producción TG ruminal su cinética se muestra en la Fig. 17c y se observan, los tratamientos, sin y con adición de probióticos (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal que al inicio de la incubación muestra efectos con los dos tratamientos a las 2 h con 43,937 con probiótico y sin probiótico 26,594 mL GT g<sup>-1</sup> MS incubada extraído de bovinos y ovinos de líquido ruminal (LR) así como a las 15 h con 126,298 con y 78,427 sin probiótico mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado extraído de bovinos y ovinos de (LR) incubado a las 24 h con 245,745 con probiotico y 126,890 sin probiotico mL TG g<sup>-1</sup> MS incubado extraído de bovinos y ovinos de LR posteriormente en las 48 h con 307,577 con probiotico y 208,165 sin probiotico mL TG g<sup>-1</sup> DM incubado extraído de bovinos y ovinos de LR.

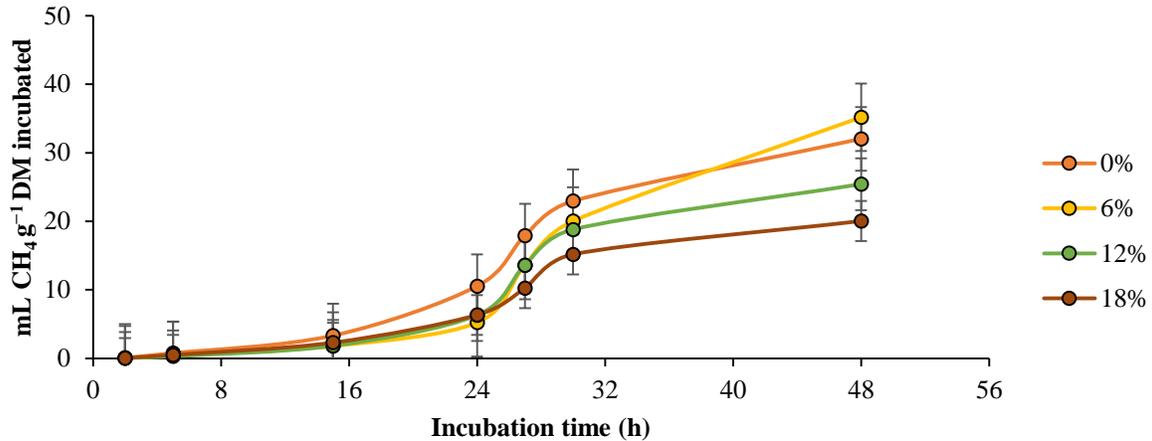
## 6.1 Producción ruminal de metano



**Figura 15a. Cinética de producción de metano (CH<sub>4</sub>) ruminal de utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

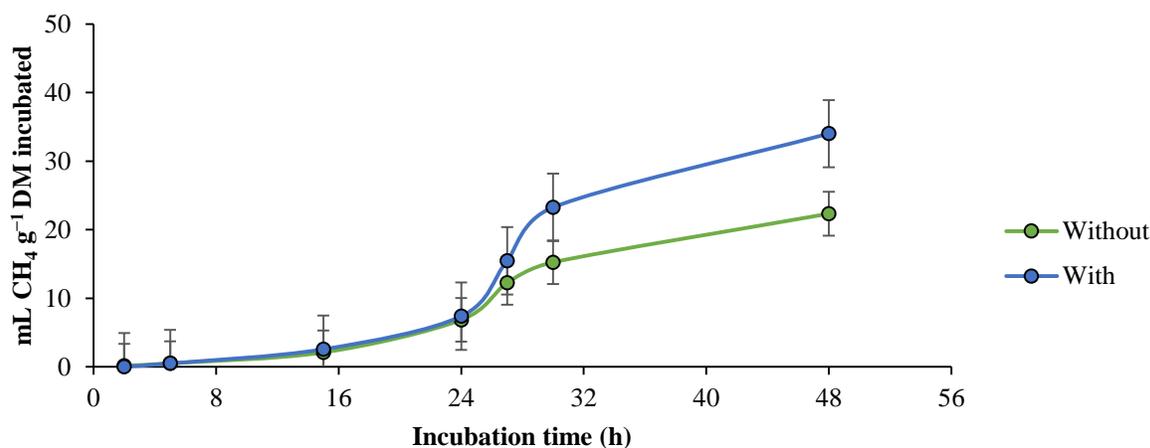
La producción de gas metano CH<sub>4</sub> se muestra en la FIG.18a, se observa que desde el inicio de incubación no muestra efectos sino hasta las 5 h con una cantidad de gas de 0.180 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubado el líquido ruminal (LR) extraído de los bovinos y el de los ovinos hasta 15 h con una cantidad de gas 0.997 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada a partir de estos tiende a aumentar la producción de gas total hasta las 24 h de los diferentes LR de bovinos y de ovinos con 10.623 y 3.593 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> DM incubado respectivamente, posteriormente se presenta un aumento considerable en la producción de gas tanto en bovinos como en ovinos a las 30 h con 20.932 y 17.567 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> DM incubado respectivamente, después de esto la producción de gas es menor hasta llegar a las 48 h donde el total de la producción de gas para LR de bovinos y de ovinos fue 27.672 y 28.672 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> DM incubado respectivamente.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo son menores a los resultados de Molina *et al.* (2013) con una producción de metano por el gas generado a las 48 h de incubación de 300 mg de forrajes típicos suministrados en dietas de un sistema silvopastoril intensivo a las 48 h post inicio de la incubación se obtuvieron las máximas tasas fraccionales de producción de gas y aproximadamente el 82% del gas total producido durante el experimento utilizados forrajes usados en dietas para alimentar bovino



**Figura 15b. Cinética de producción de metano (CH<sub>4</sub>) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

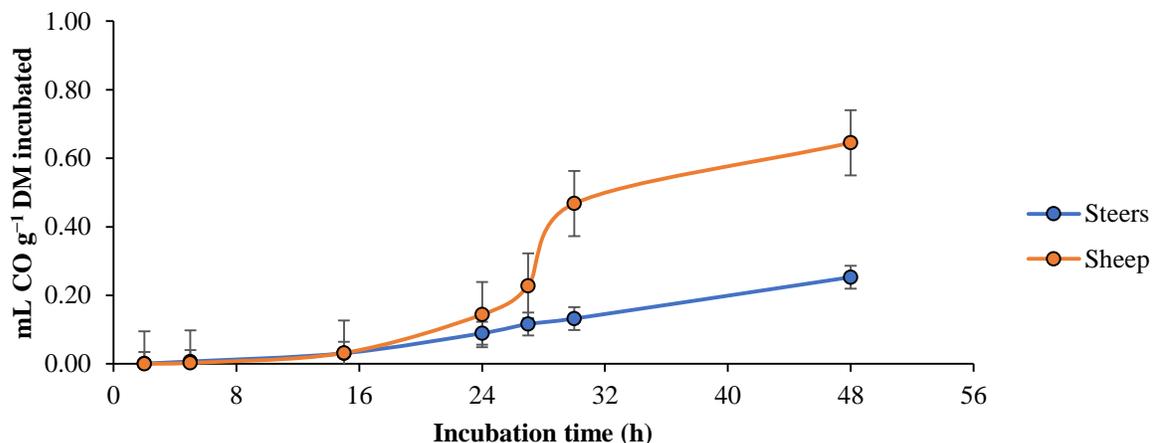
En cinética de producción de gas metano (CH<sub>4</sub>) en la Fig.18b muestra los tiempos de incubación de una dieta con diferentes porcentajes (0%,6%12%18%) de semillas de Moringa (*Moringa oleífera*) los cuales tuvieron una diferencia a las 48 h obteniendo la mayor producción de gas metano con la inclusión de 6% de semilla de moringa con la cantidad de gas de (35.179 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS inoculada) así se pudo comprobar que a comparación de 0%, 12% y 18% de inclusión disminuyó la producción de gas metano CH<sub>4</sub> a las 48h, con 32.036; 25.427 y 20.048 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS inoculada, respectivamente.



**Figura 15c. Cinética de producción de metano (CH<sub>4</sub>) ruminal de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).**

El gas metano (CH<sub>4</sub>) con probiótico y sin probiótico en bovinos y ovinos, (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal (Fig. 18c), al inicio la producción de CH<sub>4</sub> no muestra efectos sino hasta las 27 h con 15,454 con probióticos y 12,231 sin probiótico mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada, el líquido ruminal (LR) fue extraído de bovinos y ovinos la producción de CH<sub>4</sub> se vio aumentada a las 30 h con 23,254 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada con probiótico y 15,245 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada sin probiótico posteriormente se presentó un aumento hasta las 48 h con 34,018 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada con probiótico y 22,327 mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS incubada sin probiótico, con esto se infiere que la inclusión de probióticos influye en la producción de CH<sub>4</sub> de manera positiva aumentando su producción, por lo que será mejor no incluir probióticos en las dietas de bovinos y ovinos.

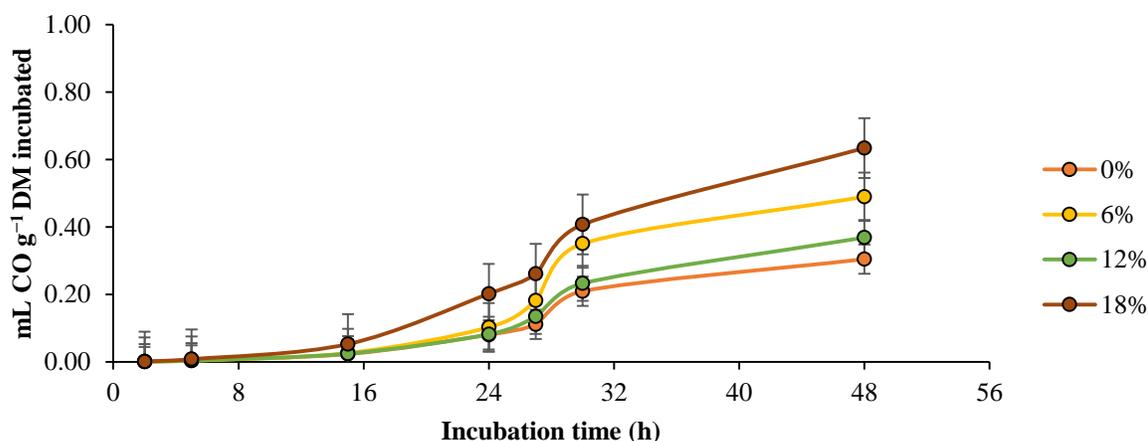
### 6.3 Producción ruminal de monóxido de carbono



**Figura 16a. Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*) utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

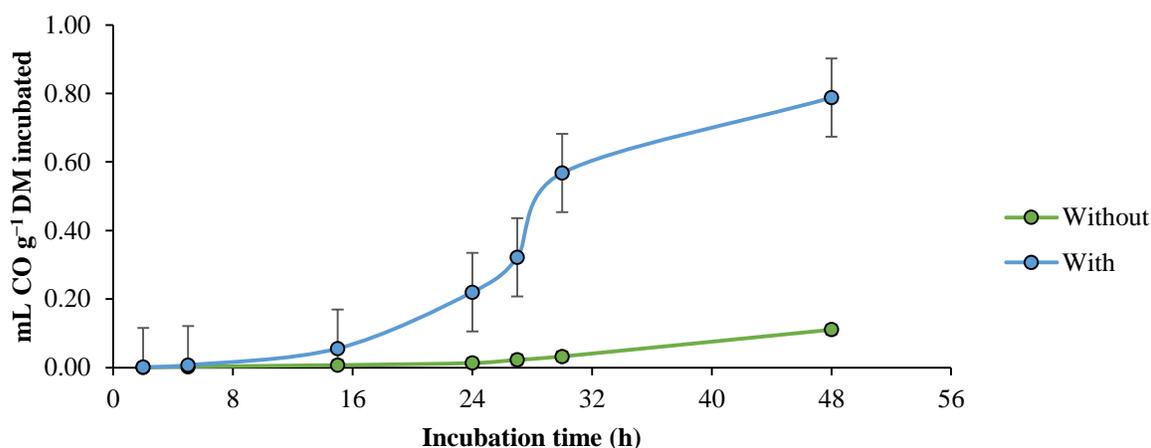
La producción de monóxido de carbono (CO) se muestra en la Fig.19a, se observa que desde el inicio de la incubación no muestra producción de CO, sino hasta las 15 h con 0.032 24 h mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada, para ambos tratamientos, posteriormente el aumento se da de manera constante y uniforme, pero baja en bovinos hasta las 48 h con 0.253 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada sin embargo la producción de CO en ovinos aumento de manera drástica de 27 h a 30 h con 0.228 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada y 0.468 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada respectivamente, obtenido así que los ovinos tuvieron más producción de CO.

Los resultados obtenidos en el trabajo de (Palacios.(2010) son menores ya que monóxido de carbono en el equilibrio ácido base su valor es de 13 a 16 g/dL en caninos.



**Figura 16b. Cinética de producción ruminal de gas monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*).**

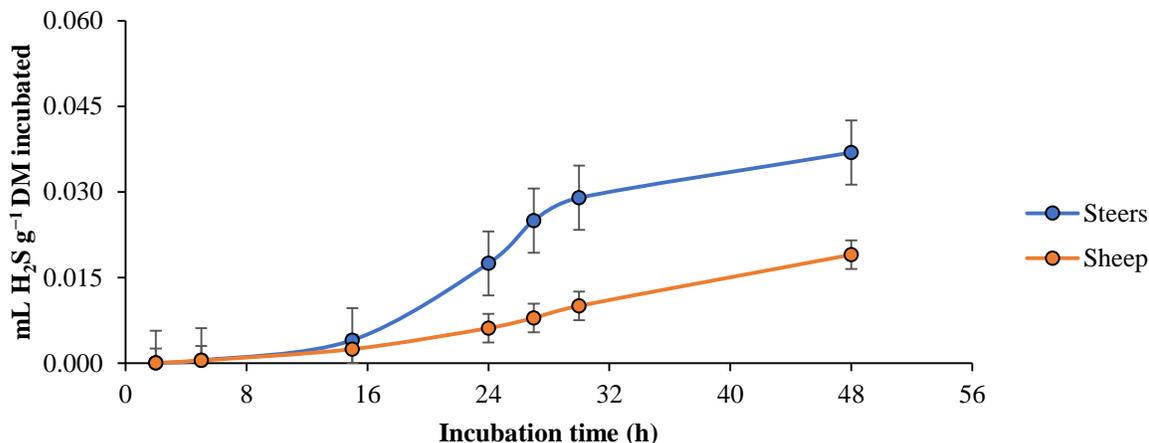
La Fig. 19b muestra los tiempos de incubación, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), la cinética de producción de monóxido de carbono (CO) en esta grafica muestra un aumento lineal, a partir de 2 h con 0.001 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubado para los 4 porcentajes, hasta las 15 h con una ligera producción de CO con 0.056 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada para los cuatro porcentajes. A medida que transcurre las horas aumenta la producción de CO, de tal manera que a las 30 h hay una producción de CO donde los que demuestran mayor producción son el de 18 % y 6 % con 0.407 y 0.351 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada para terminar con el registros de estos datos el que presenta mayor cantidad de CO a las 48 h fue 18 % con una cantidad de 0.634 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada y el que produjo menor cantidad de CO fue a los 48 h con 0 % de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) con 0.035 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada, la adición de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) en las dietas ocasiona que aumente la producción de CO.



**Figura 16c. Cinética de producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediacoccus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).**

La producción ruminal de monóxido de carbono (CO) de la Fig. 19c presenta los resultados, de los tratamientos: sin adición y con adición de probiótico (*Pediacoccus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal en esta se observa que al inicio de la incubación no muestra efectos si no hasta las 15 h con un ligero aumento en ambos tratamientos, pero a las 24 h inicia la producción de CO, con adición 0,220 y sin adición de probiótico 0,013 mL CO g<sup>-1</sup> MS extraído de bovinos y ovinos, mientras que a las 30 h (0,032 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada) con adición de probiótico (*Pediacoccus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118) presenta un aumento ligero pero constante de producción de CO hasta las 48 h (0,0111 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada), en estas mismas horas (30 h y 48 h) sin probiótico, presenta una mayor producción de CO, (0,568 y 0.788 mL CO g<sup>-1</sup> MS incubada respectivamente) por lo que se considera que la producción de CO es mayor con la adición de probiótico (*Pediacoccus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

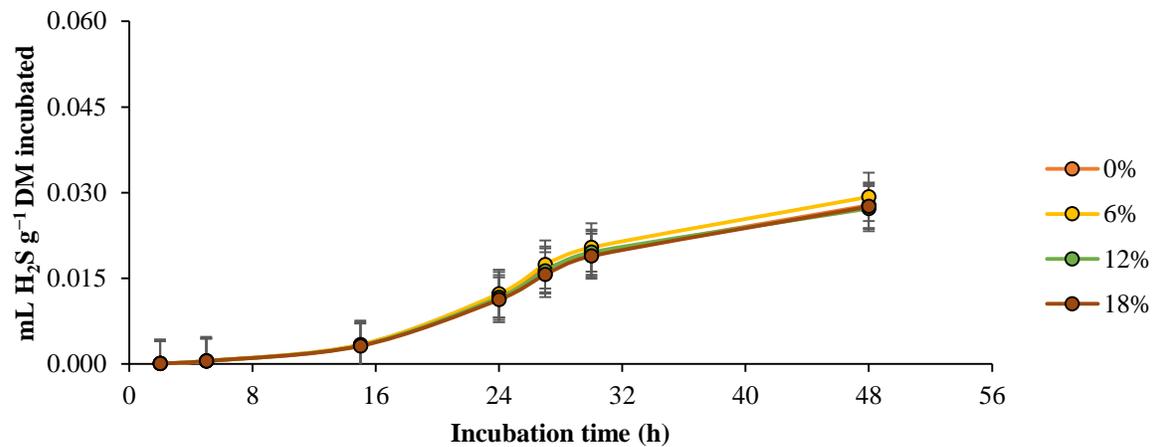
## 6.4 Producción ruminal de sulfuro de hidrógeno



**Figura 17a. Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

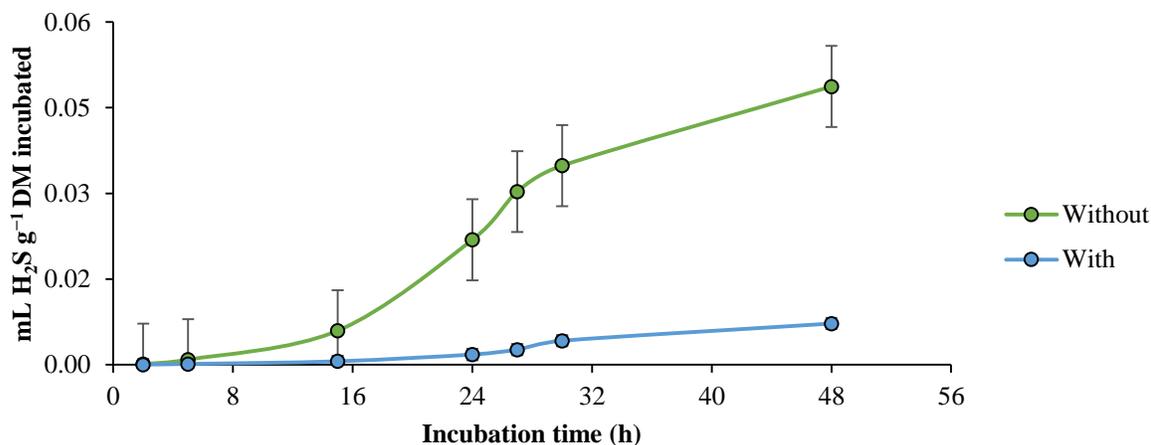
La producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) en la cinética de producción mostrada (Fig. 20a) se observa que al inicio de la incubación no muestra efectos sino hasta las 15 h con 0.002 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada, para bovinos y ovinos respectivamente, a las 24 h con una cantidad de gas de 0,017 y 3,593 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada de bovinos y ovinos respectivamente, para el caso de los ovinos mantienen una producción de H<sub>2</sub>S menor que los bovinos a las 24 h (0.006 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada) hasta las 48 h (0.019 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada), por otra parte los bovinos muestran mayor producción de H<sub>2</sub>S a las 24 h (0.017 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada) con aumento considerable a las 48 h (0.037 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada). Con esto se infiere que la producción de H<sub>2</sub>S es menor con los ovinos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo Gómez *et al.*, 2011 es mayor. La concentración de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S en gas ruminal de bovinos los resultados fueron de 273,1 y de 245,4 ppm en primavera y en verano donde las dietas fueron melaza, azufre en agua para la alimentación.



**Figura 17b. Cinética de producción ruminal de gas sulfuro de hidrogeno (H<sub>2</sub>S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas Moringa (*Moringa oleifera*).**

La cinética de producción de sulfuro de hidrogeno H<sub>2</sub>S en la figura 20b muestra los resultados de producción de H<sub>2</sub>S con los tiempos de incubación 8, 16, 24, 32, 40, y 48 h, con dietas de diferentes porcentajes de adición de semilla de Moringa (*moringa oleifera*), (0 %, 6 %, 12 %, 18 %), en la gráfica se muestra un aumento lineal, a partir de 15 h con 0.003 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> DM incubado para los 4 porcentajes, hasta las 30 h con una producción de H<sub>2</sub>S donde demuestra mayor producción el de 6 % con 0.020 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada para terminar con el registros de estos datos el que presenta mayor cantidad de gas a las 48 h es el 6% con una cantidad de 0.029 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada.



**Figura 17c. Cinética de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) de una dieta con diferentes porcentajes de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos y ovinos como fuente de inóculo ruminal.**

La producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se muestra en la Fig. 20c en ella se observa que, sin adición de probiótico y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando bovinos y ovinos como fuente de inóculo ruminal, la de producción ruminal de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) se mostró que al inicio de la incubación no hay efectos sino hasta las 24 h en el tratamiento sin probiótico 0,022 y con probiótico 0,002 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada, la producción de H<sub>2</sub>S producto de líquido ruminal extraído de bovinos y ovinos hasta las 30 h con una cantidad de 0,035 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada (sin probióticos) y (con probiótico) 0,004 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada, en la Fig. 20c presenta una tendencia de aumento lineal en las 48 h con 0,049 mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada en la muestra sin probióticos y 0.007 con probiótico mL H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS incubada. Por lo anterior se infiere que al adicionar probióticos se reduce considerablemente la producción de H<sub>2</sub>S

## VII. CONCLUSIONES

La producción de gas total fue menor en ovinos al 0% de inclusión de semilla de Moringa (*moringa oleifera*), sin adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas metano (CH<sub>4</sub>) fue menor en bovinos al 18% de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*), sin adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas monóxido de carbono (CO) fue menor en bovinos al 0% de adición de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) sin probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

La producción de gas sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) fue menor en ovinos al 18% de semilla de Moringa (*Moringa oleifera*) con probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118).

## VIII. APÉNDICE

**Cuadro 9. Producción ruminal de gas total (índice de tablas al lugar de cuadros) porcentajes de inclusión de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pedococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando como base de inóculo ruminal de bovinos y ovinos.**

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de moringa (MSP) | Probiótico (PB) | Producción de gas total |          |            |                                          |         |         |         |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|------------|------------------------------------------|---------|---------|---------|
|                                 |                                        |                 | Parámetros <sub>1</sub> |          |            | mL gas total g <sup>-1</sup> DM incubada |         |         |         |
|                                 |                                        |                 | <i>b</i>                | <i>C</i> | <i>Lag</i> | 2 h                                      | 24 h    | 48 h    |         |
| Bovinos                         | 0                                      | Sin             | 278.87                  | 0.0390   | 4.87       | 27.60                                    | 193.06  | 269.82  |         |
|                                 |                                        | Con             | 318.90                  | 0.0467   | 4.94       | 33.81                                    | 275.88  | 307.91  |         |
|                                 | 6                                      | Sin             | 299.10                  | 0.0399   | 6.34       | 26.40                                    | 193.84  | 288.25  |         |
|                                 |                                        | Con             | 344.67                  | 0.0450   | 5.57       | 45.77                                    | 282.33  | 333.62  |         |
|                                 | 12                                     | Sin             | 274.97                  | 0.0396   | 6.24       | 25.16                                    | 177.99  | 264.71  |         |
|                                 |                                        | Con             | 298.27                  | 0.0464   | 5.14       | 32.80                                    | 257.61  | 289.79  |         |
|                                 | 18                                     | Sin             | 259.73                  | 0.0394   | 6.29       | 23.89                                    | 167.72  | 250.42  |         |
|                                 |                                        | Con             | 297.47                  | 0.0481   | 4.86       | 32.75                                    | 265.94  | 288.02  |         |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>        | 14.142   | 0.00133    | 0.711                                    | 2.183   | 5.965   | 13.474  |
|                                 |                                        |                 | MSP                     | 0.0381   | 0.8062     | 0.5177                                   | 0.0106  | 0.0035  | 0.0361  |
|                                 |                                        |                 | Lineal                  | 0.1708   | 0.4919     | 0.3598                                   | 0.2912  | 0.0093  | 0.1641  |
|                                 |                                        |                 | Cuadrática              | 0.8644   | 0.8194     | 0.4774                                   | 0.7829  | 0.1480  | 0.8800  |
|                                 |                                        | PB              | 0.0021                  | <0.0001  | 0.1279     | <0.0001                                  | <0.0001 | 0.0015  |         |
|                                 |                                        | MSP × PB        | 0.8774                  | 0.5973   | 0.7525     | 0.0318                                   | 0.4463  | 0.8981  |         |
| Ovejas                          | 0                                      | Sin             | 163.33                  | 0.0155   | 3.49       | 27.00                                    | 69.82   | 155.37  |         |
|                                 |                                        | Con             | 212.80                  | 0.0379   | 4.11       | 32.32                                    | 162.71  | 201.94  |         |
|                                 | 6                                      | Sin             | 176.67                  | 0.0128   | 5.00       | 27.45                                    | 76.37   | 146.07  |         |
|                                 |                                        | Con             | 390.23                  | 0.0302   | 4.06       | 60.41                                    | 254.49  | 370.53  |         |
|                                 | 12                                     | Sin             | 150.44                  | 0.0095   | 3.75       | 28.12                                    | 75.56   | 140.32  |         |
|                                 |                                        | Con             | 315.67                  | 0.0255   | 2.02       | 57.45                                    | 191.01  | 294.67  |         |
|                                 | 18                                     | Sin             | 158.03                  | 0.0076   | 3.60       | 27.14                                    | 60.75   | 150.36  |         |
|                                 |                                        | Con             | 389.50                  | 0.0339   | 2.26       | 56.18                                    | 275.98  | 374.13  |         |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>        | 13.487   | 0.00293    | 0.722                                    | 0.805   | 14.344  | 13.901  |
|                                 |                                        |                 | MSP                     | <0.0001  | 0.0446     | 0.1083                                   | <0.0001 | 0.0052  | <0.0001 |
|                                 |                                        |                 | Lineal                  | <0.0001  | 0.0592     | 0.2436                                   | <0.0001 | 0.0022  | <0.0001 |
|                                 |                                        |                 | Cuadrático              | 0.8571   | 0.0263     | 0.4497                                   | <0.0001 | 0.4777  | 0.8091  |
|                                 |                                        | PB              | <0.0001                 | <0.0001  | 0.1148     | <0.0001                                  | <0.0001 | <0.0001 |         |
|                                 |                                        | MSP × PB        | <0.0001                 | 0.3095   | 0.4103     | <0.0001                                  | 0.0021  | <0.0001 |         |
| Agrupados SEM <sup>2</sup>      |                                        |                 | 13.818                  | 0.00227  | 0.717      | 1.645                                    | 10.985  | 13.689  |         |
| <i>p</i> value                  |                                        |                 |                         |          |            |                                          |         |         |         |
| RIS                             |                                        |                 | <0.0001                 | <0.0001  | <0.0001    | <0.0001                                  | <0.0001 | <0.0001 |         |
| MSP                             |                                        |                 | <0.0001                 | 0.0656   | 0.1753     | <0.0001                                  | 0.0031  | <0.0001 |         |
| Lineal                          |                                        |                 | 0.0021                  | 0.1286   | 0.8416     | 0.0002                                   | 0.0337  | 0.0024  |         |
| cuadrático                      |                                        |                 | 0.9994                  | 0.0266   | 0.9669     | 0.0025                                   | 0.2186  | 0.7789  |         |
| PB                              |                                        |                 | <0.0001                 | <0.0001  | 0.0272     | <0.0001                                  | <0.0001 | <0.0001 |         |
| RIS × MSP                       |                                        |                 | <0.0001                 | 0.0422   | 0.2513     | <0.0001                                  | 0.0010  | 0.0001  |         |

|                |         |         |        |  |         |         |         |
|----------------|---------|---------|--------|--|---------|---------|---------|
| RIS × PB       | <0.0001 | <0.0001 | 0.9509 |  | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| MSP × PB       | 0.0002  | 0.1751  | 0.2871 |  | <0.0001 | 0.0003  | <0.0001 |
| RIS × MSP × PB | 0.0002  | 0.6103  | 0.9483 |  | <0.0001 | 0.0062  | 0.0002  |

**Cuadro 10. Parámetros y producción de metano (CH<sub>4</sub>) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.**

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de moringa (MSP) | Próbio tico (PB) | CH <sub>4</sub> producción |          |            |                                                |        |        |                                     |        |         |        |
|---------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------------------|----------|------------|------------------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|---------|--------|
|                                 |                                        |                  | Parametros <sup>2</sup>    |          |            | mL CH <sub>4</sub> g <sup>-1</sup> DM incubada |        |        | mL CH <sub>4</sub> 100 mL gas total |        |         |        |
|                                 |                                        |                  | <i>b</i>                   | <i>c</i> | <i>Lag</i> | 2 h                                            | 24 h   | 48 h   | 2 h                                 | 24 h   | 48 h    |        |
| Novillos                        | 0                                      | Sin              | 60.63                      | 0.0687   | 16.91      | 0.299                                          | 27.002 | 60.193 | 1.08                                | 13.83  | 21.67   |        |
|                                 |                                        | Con              | 20.79                      | 0.0260   | 14.18      | 0.000                                          | 3.870  | 15.691 | 0.00                                | 1.34   | 5.13    |        |
|                                 | 6                                      | Sin              | 16.21                      | 0.0648   | 18.73      | 0.264                                          | 4.626  | 15.869 | 1.00                                | 2.38   | 5.54    |        |
|                                 |                                        | Con              | 28.52                      | 0.0610   | 18.75      | 0.000                                          | 7.042  | 28.352 | 0.00                                | 2.47   | 8.46    |        |
|                                 | 12                                     | Sin              | 43.12                      | 0.0839   | 19.40      | 0.211                                          | 12.530 | 43.264 | 0.83                                | 7.08   | 16.33   |        |
|                                 |                                        | Con              | 17.69                      | 0.1694   | 19.40      | 0.000                                          | 7.836  | 17.470 | 0.00                                | 3.03   | 6.01    |        |
|                                 | 18                                     | Sin              | 18.82                      | 0.1064   | 21.02      | 0.219                                          | 4.880  | 19.159 | 0.92                                | 2.92   | 7.58    |        |
|                                 |                                        | Con              | 21.41                      | 0.0447   | 8.48       | 0.000                                          | 14.615 | 21.381 | 0.00                                | 5.50   | 7.42    |        |
|                                 |                                        |                  | SEM <sup>2</sup>           | 5.743    | 0.02252    | 2.199                                          | 0.0155 | 3.0318 | 5.6258                              | 0.051  | 1.456   | 1.451  |
|                                 |                                        |                  | MSP                        | 0.0102   | 0.0160     | 0.1285                                         | 0.0395 | 0.0442 | 0.0230                              | 0.1251 | 0.0202  | 0.0011 |
|                                 |                                        |                  | Lineal                     | 0.0025   | 0.2281     | 0.7230                                         | 0.0204 | 0.0790 | 0.0063                              | 0.1220 | 0.0338  | 0.0009 |
|                                 |                                        |                  | Cuadrático                 | 0.9991   | 0.0041     | 0.0402                                         | 0.0917 | 0.3725 | 0.7991                              | 0.0776 | 0.5136  | 0.5746 |
|                                 |                                        | PB               | 0.0069                     | 0.7246   | 0.0262     | <0.0001                                        | 0.0863 | 0.0030 | <0.0001                             | 0.0039 | <0.0001 |        |
|                                 |                                        | MSP × PB         | 0.0011                     | 0.0223   | 0.0347     | 0.0395                                         | 0.0004 | 0.0004 | 0.1251                              | 0.0005 | <0.0001 |        |
| Ovejas                          | 0                                      | Sin              | 18.32                      | 0.0254   | 17.05      | 0.089                                          | 3.535  | 13.865 | 0.33                                | 4.96   | 8.79    |        |
|                                 |                                        | Con              | 37.55                      | 0.0388   | 24.45      | 0.000                                          | 5.202  | 38.395 | 0.00                                | 3.44   | 18.89   |        |
|                                 | 6                                      | Sin              | 11.53                      | 0.0110   | 13.15      | 0.000                                          | 0.995  | 9.950  | 0.00                                | 1.25   | 6.25    |        |

|  |    |                            |             |             |             |  |             |             |             |  |             |             |             |
|--|----|----------------------------|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|--|-------------|-------------|-------------|
|  |    | Con                        | 86.57       | 0.096<br>4  | 24.14       |  | 0.000       | 8.256       | 86.54<br>5  |  | 0.00        | 3.21        | 23.24       |
|  | 12 | Sin                        | 7.53        | 0.003<br>7  | 21.95       |  | 0.000       | 0.567       | 6.937       |  | 0.00        | 0.75        | 4.83        |
|  |    | Con                        | 34.81       | 0.081<br>9  | 26.96       |  | 0.000       | 4.332       | 34.03<br>6  |  | 0.00        | 2.26        | 11.52       |
|  | 18 | Sin                        | 8.66        | 0.009<br>6  | 24.14       |  | 0.000       | 0.589       | 9.378       |  | 0.00        | 0.98        | 6.21        |
|  |    | Con                        | 30.61       | 0.139<br>2  | 23.63       |  | 0.000       | 5.267       | 30.27<br>5  |  | 0.00        | 1.89        | 8.20        |
|  |    | SEM <sup>2</sup>           | 4.786       | 0.017<br>59 | 2.048       |  | 0.015<br>7  | 1.247<br>1  | 5.445<br>9  |  | 0.059       | 0.678       | 1.624       |
|  |    | MSP                        | <0.00<br>01 | 0.139<br>5  | 0.038<br>3  |  | 0.026<br>6  | 0.261<br>6  | 0.000<br>2  |  | 0.026<br>6  | 0.002<br>8  | 0.000<br>3  |
|  |    | Lineal                     | 0.102<br>2  | 0.028<br>7  | 0.145<br>6  |  | 0.012<br>1  | 0.265<br>1  | 0.264<br>1  |  | 0.012<br>1  | 0.000<br>9  | 0.000<br>9  |
|  |    | Cuadrático                 | 0.537<br>1  | 0.502<br>9  | 0.245<br>6  |  | 0.122<br>0  | 0.283<br>3  | 0.604<br>5  |  | 0.122<br>0  | 0.040<br>0  | 0.114<br>9  |
|  |    | PB                         | <0.00<br>01 | <0.00<br>01 | 0.001<br>1  |  | 0.062<br>8  | 0.000<br>2  | <0.00<br>01 |  | 0.062<br>8  | 0.156<br>5  | <0.00<br>01 |
|  |    | MSP × PB                   | <0.00<br>01 | 0.033<br>8  | 0.075<br>0  |  | 0.026<br>6  | 0.201<br>6  | 0.000<br>3  |  | 0.026<br>6  | 0.087<br>7  | 0.002<br>3  |
|  |    | Agrupados SEM <sup>2</sup> | 5.286       | 0.020<br>20 | 2.125       |  | 0.015<br>6  | 2.318<br>1  | 5.536<br>6  |  | 0.055       | 1.136       | 1.540       |
|  |    | <i>p</i> value             |             |             |             |  |             |             |             |  |             |             |             |
|  |    | RIS                        | 0.694<br>3  | 0.010<br>8  | <0.00<br>01 |  | <0.00<br>01 | <0.00<br>01 | 0.720<br>3  |  | <0.00<br>01 | 0.000<br>1  | 0.122<br>1  |
|  |    | MSP                        | 0.000<br>4  | 0.019<br>0  | 0.078<br>7  |  | 0.001<br>1  | 0.040<br>9  | 0.002<br>3  |  | 0.003<br>6  | 0.000<br>5  | <0.00<br>01 |
|  |    | Linear                     | 0.000<br>5  | 0.019<br>1  | 0.441<br>9  |  | 0.000<br>6  | 0.037<br>2  | 0.004<br>4  |  | 0.003<br>0  | 0.000<br>6  | <0.00<br>01 |
|  |    | cuadrático                 | 0.688<br>4  | 0.034<br>2  | 0.019<br>7  |  | 0.021<br>3  | 0.212<br>9  | 0.857<br>1  |  | 0.019<br>1  | 0.131<br>1  | 0.395<br>2  |
|  |    | PB                         | 0.000<br>1  | 0.001<br>4  | 0.374<br>0  |  | <0.00<br>01 | 0.856<br>0  | 0.000<br>2  |  | <0.00<br>01 | 0.021<br>1  | 0.067<br>6  |
|  |    | RIS × MSP                  | <0.00<br>01 | 0.025<br>1  | 0.037<br>6  |  | 0.569<br>9  | 0.039<br>5  | <0.00<br>01 |  | 0.427<br>0  | 0.152<br>7  | 0.000<br>2  |
|  |    | RIS × PB                   | <0.00<br>01 | 0.000<br>3  | <0.00<br>01 |  | <0.00<br>01 | 0.001<br>2  | <0.00<br>01 |  | <0.00<br>01 | 0.000<br>9  | <0.00<br>01 |
|  |    | MSP × PB                   | <0.00<br>01 | 0.018<br>8  | 0.002<br>4  |  | 0.001<br>1  | <0.00<br>01 | <0.00<br>01 |  | 0.003<br>6  | <0.00<br>01 | <0.00<br>01 |
|  |    | RIS × MSP × PB             | 0.025<br>9  | 0.012<br>8  | 0.661<br>7  |  | 0.569<br>9  | 0.000<br>8  | 0.012<br>9  |  | 0.427<br>0  | 0.003<br>1  | <0.00<br>01 |

<sup>1</sup> b= producción asintótica de CH<sub>4</sub> (mL CH<sub>4</sub> g<sup>-1</sup> MS); c = tasa de producción de CH<sub>4</sub> (mL CH<sub>4</sub> h<sup>-1</sup>); Lag = retraso inicial antes de que comience la producción de CH<sub>4</sub> (h).<sup>2</sup> SEM = error estándar de la media.

**Cuadro 11. Parámetros y producción de monóxido de carbono (CO) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.**

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de moringa (MSP) | Probiótico (PB) | CO producción           |          |            |                                   |              |              |              |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-------------------------|----------|------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                 |                                        |                 | Parámetros <sup>1</sup> |          |            | mL CO g <sup>-1</sup> DM incubada |              |              |              |
|                                 |                                        |                 | <i>b</i>                | <i>C</i> | <i>Lag</i> | 2 h                               | 24 h         | 48 h         |              |
| Novillos                        | 0                                      | Sin             | 0.0125                  | 0.0005   | 0.0135     | 0.00006                           | 0.00607      | 0.01231      |              |
|                                 |                                        | Con             | 0.2086                  | 0.0003   | 0.1519     | 0.00109                           | 0.06930      | 0.19127      |              |
|                                 | 6                                      | Sin             | 0.0077                  | 0.0006   | 0.0168     | 0.00006                           | 0.00278      | 0.00758      |              |
|                                 |                                        | Con             | 0.3573                  | 0.0004   | 0.1710     | 0.00287                           | 0.09448      | 0.33767      |              |
|                                 | 12                                     | Sin             | 0.0087                  | 0.0006   | 0.0164     | 0.00005                           | 0.00360      | 0.00857      |              |
|                                 |                                        | Con             | 0.5573                  | 0.0004   | 0.1660     | 0.00146                           | 0.15051      | 0.52304      |              |
|                                 | 18                                     | Sin             | 0.0070                  | 0.0008   | 0.0194     | 0.00003                           | 0.00232      | 0.00689      |              |
|                                 |                                        | con             | 1.0263                  | 0.0003   | 0.1365     | 0.00339                           | 0.38647      | 0.93670      |              |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>        | 0.04378  | 0.00004    | 0.00436                           | 0.00029<br>2 | 0.01907<br>9 | 0.04034<br>4 |
|                                 |                                        |                 | MSP                     | <0.0001  | 0.0466     | 0.0072                            | 0.0032       | <0.0001      | <0.0001      |
|                                 |                                        |                 | Lineal                  | <0.0001  | 0.0066     | 0.2938                            | 0.0013       | <0.0001      | <0.0001      |
|                                 |                                        |                 | Cuadrático              | 0.4316   | 0.6966     | 0.0109                            | 0.1446       | 0.0314       | 0.5564       |
|                                 |                                        | PB              | <0.0001                 | <0.0001  | <0.0001    | <0.0001                           | <0.0001      | <0.0001      |              |
|                                 |                                        | MSP × PB        | <0.0001                 | 0.0149   | 0.0028     | 0.0028                            | <0.0001      | <0.0001      |              |
| Oveja                           | 0                                      | Sin             | 0.3284                  | 0.0003   | 0.1903     | 0.00099                           | 0.05651      | 0.24756      |              |
|                                 |                                        | Con             | 0.7805                  | 0.0011   | 0.2302     | 0.00008                           | 0.18947      | 0.76709      |              |
|                                 | 6                                      | Sin             | 0.2318                  | 0.0004   | 0.5682     | 0.00020                           | 0.02033      | 0.20445      |              |
|                                 |                                        | Con             | 1.4293                  | 0.0012   | 0.2353     | 0.00018                           | 0.29208      | 1.40849      |              |
|                                 | 12                                     | Sin             | 0.1626                  | 0.0006   | 0.5871     | 0.00011                           | 0.00944      | 0.15379      |              |
|                                 |                                        | Con             | 0.7984                  | 0.0012   | 0.2340     | 0.00014                           | 0.16364      | 0.78836      |              |
|                                 | 18                                     | Sin             | 0.2650                  | 0.0012   | 0.2340     | 0.00007                           | 0.00452      | 0.24315      |              |
|                                 |                                        | Con             | 1.3513                  | 0.0003   | 0.1903     | 0.00014                           | 0.41464      | 1.34915      |              |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>        | 0.09196  | 0.00013    | 0.17447                           | 0.00004<br>1 | 0.02783<br>4 | 0.08924<br>2 |
|                                 |                                        |                 | MSP                     | 0.0025   | 0.4936     | 0.4949                            | <0.0001      | 0.0031       | 0.0016       |
|                                 |                                        |                 | Lineal                  | 0.0140   | 0.8095     | 0.9914                            | <0.0001      | 0.0067       | 0.0052       |
|                                 |                                        |                 | Cuadrático              | 0.0227   | 0.1588     | 0.2056                            | <0.0001      | 0.0044       | 0.0327       |
|                                 |                                        | PB              | <0.0001                 | 0.0013   | 0.1812     | <0.0001                           | <0.0001      | <0.0001      |              |
|                                 |                                        | MSP × PB        | 0.0024                  | <0.0001  | 0.5901     | <0.0001                           | 0.0005       | 0.0028       |              |
| Agrupados SEM <sup>2</sup>      |                                        |                 | 0.07202                 | 0.00009  | 0.12341    | 0.00020<br>8                      | 0.02386<br>2 | 0.06925<br>2 |              |
| <i>p</i> valuar                 |                                        |                 |                         |          |            |                                   |              |              |              |
| RIS                             |                                        |                 | <0.0001                 | <0.0001  | 0.0011     | <0.0001                           | <0.0001      | <0.0001      |              |
| MSP                             |                                        |                 | <0.0001                 | 0.2657   | 0.4327     | 0.0099                            | <0.0001      | <0.0001      |              |
| Lineal                          |                                        |                 | <0.0001                 | 0.2297   | 0.9872     | 0.0233                            | <0.0001      | <0.0001      |              |

|                |         |         |        |         |         |         |
|----------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|
| Cuadrático     | 0.0132  | 0.1364  | 0.1738 | 0.0294  | 0.0003  | 0.0236  |
| PB             | <0.0001 | 0.3654  | 0.7934 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × MSP      | 0.0006  | 0.5079  | 0.5400 | <0.0001 | 0.0118  | 0.0011  |
| RIS × PB       | 0.0001  | <0.0001 | 0.0165 | <0.0001 | 0.0057  | <0.0001 |
| MSP × PB       | <0.0001 | <0.0001 | 0.6314 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| RIS × MSP × PB | 0.001   | <0.000  | 0.535  | 0.012   | 0.066   | 0.002   |
|                | 5       | 1       | 4      | 3       | 9       | 0       |

1 b = producción asintótica de CO (ppm CO g<sup>-1</sup> MS); c = tasa de producción de CO (ppm CO h<sup>-1</sup>); Lag = retraso inicial antes de que comience la producción de CO (h).

2 SEM = error estándar de la media

**Cuadro 12. Parámetros y producción de sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos y ovejas como fuente de inóculo ruminal.**

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de moringa (MSP) | Probiótico (PB) | H <sub>2</sub> S producción |         |         |                                                 |          |          |          |
|---------------------------------|----------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------|---------|-------------------------------------------------|----------|----------|----------|
|                                 |                                        |                 | Parámetros 1                |         |         | mL H <sub>2</sub> S g <sup>-1</sup> DM incubada |          |          |          |
|                                 |                                        |                 | B                           | c       | Lag     | 2 h                                             | 24 h     | 48 h     |          |
| Novillos                        | 0                                      | Sin             | 0.0630                      | 0.0006  | 0.1494  | 0.00011                                         | 0.03328  | 0.06314  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0091                      | 0.0006  | 0.1579  | 0.00002                                         | 0.00316  | 0.00895  |          |
|                                 | 6                                      | Sin             | 0.0672                      | 0.0000  | 0.0159  | 0.00011                                         | 0.03342  | 0.06745  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0114                      | 0.0001  | 0.0209  | 0.00007                                         | 0.00242  | 0.01166  |          |
|                                 | 12                                     | Sin             | 0.0622                      | 0.0006  | 0.1576  | 0.00010                                         | 0.03069  | 0.06194  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0114                      | 0.0006  | 0.1575  | 0.00004                                         | 0.00273  | 0.01116  |          |
|                                 | 18                                     | Sin             | 0.0584                      | 0.0000  | 0.0198  | 0.00010                                         | 0.02892  | 0.05860  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0126                      | 0.0001  | 0.0166  | 0.00007                                         | 0.00537  | 0.01230  |          |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>            | 0.00281 | 0.00001 | 0.00321                                         | 0.000010 | 0.000849 | 0.003083 |
|                                 |                                        |                 | MSP                         | 0.5577  | <0.0001 | <0.0001                                         | 0.1514   | 0.2953   | 0.5649   |
|                                 |                                        |                 | Lineal                      | 0.8526  | <0.0001 | <0.0001                                         | 0.0870   | 0.2228   | 0.8505   |
|                                 |                                        |                 | cuadrático                  | 0.6732  | <0.0001 | <0.0001                                         | 0.7485   | 0.2026   | 0.7669   |
|                                 |                                        | PB              | <0.0001                     | 0.0321  | 0.2798  | <0.0001                                         | <0.0001  | <0.0001  |          |
|                                 |                                        | MSP × PB        | 0.3390                      | 0.2977  | 0.2952  | 0.0241                                          | 0.0021   | 0.4490   |          |
| Ovejas                          | 0                                      | Sin             | 0.0363                      | 0.0003  | 0.1534  | 0.00011                                         | 0.01204  | 0.03636  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0027                      | 0.0003  | 0.1347  | 0.00000                                         | 0.00011  | 0.00271  |          |
|                                 | 6                                      | Sin             | 0.0350                      | 0.0000  | 0.0025  | 0.00011                                         | 0.01317  | 0.03418  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0038                      | 0.0000  | 0.0028  | 0.00000                                         | 0.00017  | 0.00376  |          |
|                                 | 12                                     | Sin             | 0.0360                      | 0.0004  | 0.1390  | 0.00012                                         | 0.01303  | 0.03283  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0029                      | 0.0003  | 0.1670  | 0.00000                                         | 0.00010  | 0.00293  |          |
|                                 | 18                                     | Sin             | 0.0356                      | 0.0000  | 0.0027  | 0.00011                                         | 0.01047  | 0.03518  |          |
|                                 |                                        | Con             | 0.0042                      | 0.0000  | 0.0026  | 0.00000                                         | 0.00024  | 0.00418  |          |
|                                 |                                        |                 | SEM <sup>2</sup>            | 0.00169 | 0.00001 | 0.00533                                         | 0.000002 | 0.000468 | 0.001928 |
|                                 |                                        |                 | MSP                         | 0.9913  | <0.0001 | <0.0001                                         | 0.6740   | 0.0483   | 0.7832   |
|                                 |                                        |                 | Lineal                      | 0.8310  | <0.0001 | <0.0001                                         | 0.8870   | 0.1456   | 0.9394   |

|  |  |                            |         |         |         |          |          |          |
|--|--|----------------------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
|  |  | Cuadrático                 | 0.8861  | <0.0001 | <0.0001 | 0.2325   | 0.0522   | 0.3163   |
|  |  | PB                         | <0.0001 | 0.0394  | 0.5428  | <0.0001  | <0.0001  | <0.0001  |
|  |  | MSP × PB                   | 0.8631  | 0.1557  | 0.0044  | 0.6740   | 0.0320   | 0.7744   |
|  |  |                            |         |         |         |          |          |          |
|  |  | Agrupados SEM <sup>2</sup> | 0.00232 | 0.00001 | 0.00440 | 0.000007 | 0.000686 | 0.002571 |
|  |  |                            |         |         |         |          |          |          |
|  |  | <i>p</i> valuar            |         |         |         |          |          |          |
|  |  | RIS                        | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001  | <0.0001  | <0.0001  |
|  |  | MSP                        | 0.7338  | <0.0001 | <0.0001 | 0.1402   | 0.1400   | 0.6915   |
|  |  | Lineal                     | 0.9604  | <0.0001 | <0.0001 | 0.0786   | 0.0737   | 0.9040   |
|  |  | cuadrático                 | 0.7712  | <0.0001 | <0.0001 | 0.9363   | 0.8808   | 0.7716   |
|  |  | PB                         | <0.0001 | 0.8905  | 0.2755  | <0.0001  | <0.0001  | <0.0001  |
|  |  | RIS × MSP                  | 0.5956  | <0.0001 | 0.2381  | 0.1375   | 0.2016   | 0.5473   |
|  |  | RIS × PB                   | <0.0001 | 0.0028  | 0.9655  | <0.0001  | <0.0001  | <0.0001  |
|  |  | MSP × PB                   | 0.3862  | 0.0589  | 0.0254  | 0.0170   | <0.0001  | 0.4504   |
|  |  | RIS × MSP × PB             | 0.4719  | 0.5798  | 0.0012  | 0.0151   | 0.0450   | 0.5931   |

1 b = es la producción asintótica de H<sub>2</sub>S (ppm H<sub>2</sub>S g<sup>-1</sup> MS); c = es la tasa de producción de H<sub>2</sub>S (ppm H<sub>2</sub>S h<sup>-1</sup>); Lag = es el retraso inicial antes de que comience la producción de H<sub>2</sub>S (h). 2 SEM = error estándar de la media.

**Cuadro 13. Perfil de fermentación ruminal y eficiencia de conversión de CH<sub>4</sub> de una dieta con diferentes porcentajes de semillas de Moringa (*Moringa oleifera*), sin y con adición de probiótico (*Pediococcus acidilactici* BX-B122 y *Bacillus coagulans* BX-B118), y utilizando novillos y ovejás como fuente de inóculo ruminal.**

| Fuente de inóculo ruminal (RIS) | Porcentaje de semilla de moringa (MSP) | Probiótico (PB)  | Perfil de fermentación ruminal 1 |         |                                |                             | Eficiencia de conversión de CH <sub>4</sub> 2    |                                           |                                           |
|---------------------------------|----------------------------------------|------------------|----------------------------------|---------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                 |                                        |                  | pH                               | DMD (%) | SCFA (mmol g <sup>-1</sup> DM) | ME (MJ kg <sup>-1</sup> DM) | CH <sub>4</sub> :SCFA (mmol mmol <sup>-1</sup> ) | CH <sub>4</sub> :ME (g MJ <sup>-1</sup> ) | CH <sub>4</sub> :OM (mL g <sup>-1</sup> ) |
| Novillos                        | 0                                      | Sin              | 7.11                             | 85.26   | 4.26                           | 6.11                        | 181.41                                           | 20.47                                     | 29.18                                     |
|                                 |                                        | Con              | 6.42                             | 61.50   | 6.10                           | 7.05                        | 17.18                                            | 2.48                                      | 4.18                                      |
|                                 | 6                                      | Sin              | 6.98                             | 85.69   | 4.28                           | 6.12                        | 31.15                                            | 3.51                                      | 5.00                                      |
|                                 |                                        | Con              | 6.42                             | 62.26   | 6.35                           | 7.18                        | 31.91                                            | 4.55                                      | 7.61                                      |
|                                 | 12                                     | Sin              | 7.35                             | 82.63   | 3.93                           | 5.94                        | 92.94                                            | 9.83                                      | 13.54                                     |
|                                 |                                        | Con              | 6.51                             | 60.68   | 5.75                           | 6.87                        | 39.29                                            | 5.29                                      | 8.47                                      |
|                                 | 18                                     | Sin              | 7.13                             | 85.82   | 3.70                           | 5.82                        | 38.28                                            | 3.90                                      | 5.27                                      |
|                                 |                                        | Con              | 6.66                             | 62.42   | 5.95                           | 6.97                        | 71.21                                            | 9.75                                      | 15.79                                     |
|                                 |                                        | SEM <sup>3</sup> | 0.019                            | 2.027   | 0.129                          | 19.112                      | 0.066                                            | 2.233                                     | 3.275                                     |
|                                 |                                        | MSP              | <0.0001                          | 0.6112  | 0.0027                         | 0.0201                      | 0.0027                                           | 0.0318                                    | 0.0442                                    |
|                                 |                                        | Lineal           | <0.0001                          | 0.7198  | 0.0141                         | 0.0332                      | 0.0133                                           | 0.0540                                    | 0.0790                                    |
|                                 |                                        | Cuadrático       | <0.0001                          | 0.2505  | 0.1647                         | 0.5194                      | 0.1636                                           | 0.4230                                    | 0.3725                                    |

|        |    |                            |             |             |             |             |         |         |         |
|--------|----|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|---------|
|        |    | PB                         | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | 0.0036      | <0.0001 | 0.0248  | 0.0862  |
|        |    | MSP ×<br>PB                | <0.000<br>1 | 0.9706      | 0.3315      | 0.0005      | 0.3368  | 0.0004  | 0.0004  |
| Ovejas | 0  | Sin                        | 6.84        | 72.93       | 1.53        | 4.70        | 65.59   | 3.48    | 3.82    |
|        |    | Con                        | 6.61        | 70.72       | 3.59        | 5.76        | 46.85   | 4.19    | 5.62    |
|        | 6  | Sin                        | 6.95        | 72.94       | 1.67        | 4.78        | 16.51   | 0.96    | 1.08    |
|        |    | Con                        | 6.63        | 67.29       | 5.63        | 6.81        | 41.75   | 5.60    | 8.92    |
|        | 12 | Sin                        | 6.92        | 69.81       | 1.66        | 4.77        | 9.91    | 0.55    | 0.61    |
|        |    | Con                        | 6.49        | 61.40       | 4.22        | 6.09        | 29.51   | 3.30    | 4.68    |
|        | 18 | Sin                        | 6.92        | 72.39       | 1.33        | 4.60        | 8.28    | 0.39    | 0.42    |
|        |    | Con                        | 6.18        | 63.35       | 6.11        | 7.05        | 24.55   | 3.44    | 5.69    |
|        |    | SEM <sup>3</sup>           | 0.060       | 1.061       | 0.319       | 9.025       | 0.164   | 0.872   | 1.349   |
|        |    | MSP                        | 0.0079      | 0.0001      | 0.0053      | 0.0018      | 0.0054  | 0.0981  | 0.2473  |
|        |    | Lineal                     | 0.0097      | 0.0018      | 0.0022      | 0.0004      | 0.0023  | 0.0427  | 0.2362  |
|        |    | Cuadrático                 | 0.2205      | 0.0003      | 0.4773      | 0.0496      | 0.4877  | 0.2265  | 0.3030  |
|        |    | PB                         | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | 0.1165      | <0.0001 | 0.0004  | 0.0001  |
|        |    | MSP ×<br>PB                | 0.0032      | 0.0208      | 0.0021      | 0.1029      | 0.0022  | 0.2044  | 0.1994  |
|        |    | Agrupados SEM <sup>3</sup> | 0.044       | 1.618       | 0.243       | 14.945      | 0.125   | 1.695   | 2.505   |
|        |    | <i>p</i> valuar            |             |             |             |             |         |         |         |
|        |    | RIS                        | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | 0.0001      | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
|        |    | MSP                        | 0.0273      | 0.0078      | 0.0021      | 0.0003      | 0.0022  | 0.0117  | 0.0403  |
|        |    | Lineal                     | 0.4765      | 0.1696      | 0.0259      | 0.0004      | 0.0274  | 0.0100  | 0.0349  |
|        |    | cuadrático                 | 0.0044      | 0.0031      | 0.2312      | 0.1427      | 0.2375  | 0.2300  | 0.2190  |
|        |    | PB                         | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | 0.0239      | <0.0001 | 0.5116  | 0.8399  |
|        |    | RIS × MSP                  | <0.000<br>1 | 0.1578      | 0.0013      | 0.1565      | 0.0013  | 0.0494  | 0.0394  |
|        |    | RIS × PB                   | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | <0.000<br>1 | 0.0006      | <0.0001 | 0.0004  | 0.0011  |
|        |    | MSP × PB                   | 0.0048      | 0.5582      | 0.0002      | <0.000<br>1 | 0.0002  | <0.0001 | <0.0001 |
|        |    | RIS × MSP × PB             | <0.000<br>1 | 0.2992      | 0.0080      | 0.0039      | 0.0081  | 0.0009  | 0.0009  |

1 pH = I pH ruminal; DMD = degradabilidad de la materia seca; SCFA = ácidos grasos de cadena corta; ME = energía metabolizable. 2 CH<sub>4</sub>: SCFA = relación metano: ácidos grasos de cadena corta; CH<sub>4</sub>: ME = relación metano: energía metabolizable; CH<sub>4</sub>: OM = relación metano: materia orgánica.

3 SEM = error estándar de la media.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado,D.P.,Patiño,M.J.,&Palacio,O.T.,.2018.Perfil hematológico en perros afectado por el piso altitudinal, edad, sexo y raza del animal. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal, Vol. 2, No 2.(consultado el 14 de julio de 2023).

Alvarado,D.P.,Patiño,M.J.,&Palacio,O.T.,.2018.Perfil hematológico en perros afectado por el piso altitudinal, edad, sexo y raza del animal. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal, Vol. 2, No 2.(consultado el 14 de julio de 2023).

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.2016. ToxFAQs™ - Sulfuro de hidrógeno. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts114.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts114.pdf) (consultado el 21/02/23).

Arias,S,C,.2014. Estudio de las posibles zonas de introducción de la (*moringa oleifera*). En la península ibérica, islas baleares e islas canarias. Tesis de licenciatura. Universidad politécnica de Madrid escuela universitaria de ingeniería técnica forestal. Madrid .Pp 176.

Alfaro,V,N&Wilfredo,M,W,.2018.Usa Potencial de la Moringa (*Moringa oleifera*) para la Producción de Alimentos Nutricionalmente Mejorados. Guatemala. Secretaría nacional de ciencia Y tecnología. [https://www.sica.int/documentos/uso-potencial-de-la-moringa-\(Moringa-oleifera\)-para-la-produccion-de-alimentos-nutricionalmente-mejorados\\_1\\_36997.html](https://www.sica.int/documentos/uso-potencial-de-la-moringa-(Moringa-oleifera)-para-la-produccion-de-alimentos-nutricionalmente-mejorados_1_36997.html).(Consultado el 1 de diciembre ,2022).

Benavides,B.H&Leon,A.G.,.2007.Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>.pg.2.

Campo.F.M y Adames.F.Y.2015.Revista cubana de farmacia. Análisis farmacognóstico preliminar de las semillas de (*Moringa oleifera*) cosechadas en Cuba.Pp.668.

Carrión,D,J,.Valdés,R.O,. Gallardo L. F.Palacios,W,O,. 2022. Potencial agroecológico de (*Moringa oleifera*).para elestado de Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales.Vol. 13 (70).  
<http://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1077/3026>.  
(consultado el 12 de mayo 2023).

Chavarrias.M.Producción ganadera e impacto ambiental.  
[https://www.quiveter.com/ftp\\_public/prod%20ganadera%20e%20impacto%20ambiental.pdf](https://www.quiveter.com/ftp_public/prod%20ganadera%20e%20impacto%20ambiental.pdf) (consultado el14 de julio del 2023).

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*) f 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>.

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).

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).

Gómez,M,D,. Pita B,V& Zumalacárregui,C,B,. Caracterización de aceites de las semillas de (*Moringa oleífera*) a partir de la extracción por diferentes métodos. Revista Colombiana de Biotecnología [en línea]. 2016, XVIII(2), 106-111. ISSN: 0123 3475.<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77649147013>. (consultado el 8 dic 2022).

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).

Jiménez, Alayón, Pérez, Piñeiro & Moreno, Pérez, Castro. 2019. Fermentación ruminal y producción de metano usando la técnica de gas *in vitro* en forrajes de un sistema silvopastoril de ovinos de Chiapas, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. vol.10 no.2. (Consultada el 14 de julio de 2023).

Jiménez, S.A., Alayón, Jimenez, F.G., Alayon, G.A., Pérez, Piñeiro, V.A., Albores, M.S., Pérez, E.M., & Castro, C.R., 2019. Fermentación ruminal y producción de metano usando la técnica de gas *in vitro* en forrajes de un sistema silvopastoril de ovinos de Chiapas, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. vol.10 no.2. (Consultada el 14 de julio de 2023).

Jiménez, S.A., Alayón, Jimenez, F.G., Alayon, G.A., Pérez, Piñeiro, V.A., Albores, M.S., Pérez, E.M., & Castro, C.R., 2019. Fermentación ruminal y producción de metano usando la técnica de gas *in vitro* en forrajes de un sistema silvopastoril de ovinos de Chiapas, México. Revista mexicana de ciencias pecuarias. vol.10 no.2. (Consultada el 14 de julio de 2023).

Molina, B.I., Cante, M., Montoya, S & Londoña, C.A. Producción de metano *in vitro* de dos gramíneas tropicales solas y mezcladas con *Leucaena leucocephala* o *Gliricidia sepium*. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. vol.8 no.2 Medellín.

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).

Parra.G.A.2019. Evaluación de extractos de plantas en la nutrición y salud de animales herbívoro. Tesis doctorado. Universidad autónoma del estado de México, Maestría y Doctorado en ciencias agropecuarias y recursos naturales. Estado de México. Pp 62.

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).

RESUMEN DE SALUD PÚBLICA Monóxido de Carbono.2012. qué es el monóxido de carbono. Astor Agencias para sustancias Toxicas y el registro de enfermedades. Monóxido de Carbono RESUMEN DE SALUD PÚBLICA (cdc.gov).pp1.

Rubio R. D. A. 2019. Obtención de Harina Funcional de Semillas de Moringa (M. Oleifera) por Extrusión. Optimización del Proceso. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Sinaloa Facultad de Ciencias Químico Biológicas Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Culiacán Rosales, Sinaloa, México. Pp 146.

Reyes,S,N&Mendieta,A,B,2017.Guia para el establecimiento y cultivo del Marango. Universidad Nacional Agraria. Guía Técnica N° 20. Managua, Nicaragua. <https://repositorio.una.edu.ni/3585/1/RENF01R457.pdf> (Consultado el 1 de Diciembre 2022).

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>.

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).

Velasquez.A.V& Quintana.G.M.2014. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DE Moringa oleífera PARA SU APROVECHAMIENTO EN BIORREFINERIAS. 1. APTITUD PAPELERA.  
[https://www.researchgate.net/profile/Maria-Area/publication/303299483\\_CHARACTERIZACION\\_QUIMICA\\_Y\\_MORFOLOGICA\\_DE\\_Moringa\\_oleifera\\_PARA\\_SU\\_APROVECHAMIENTO\\_EN\\_BIORREFINERIAS\\_1\\_APTITUD\\_PAPELERA/links/573b96e408aea45ee84066bf/CARACTERIZACION-QUIMICA-Y-MORFOLOGICA-DE-Moringa-oleifera-PARA-SU-APROVECHAMIENTO-EN-BIORREFINERIAS-1-APTITUD PAPELERA.pdf#:~:text=La%20Moringa%20ole%C3%ADfera%20se%20compone,y%2047.6%20%CE%BCm%20de%20lumen.\(consultado el 3 de junio 2023\)](https://www.researchgate.net/profile/Maria-Area/publication/303299483_CHARACTERIZACION_QUIMICA_Y_MORFOLOGICA_DE_Moringa_oleifera_PARA_SU_APROVECHAMIENTO_EN_BIORREFINERIAS_1_APTITUD_PAPELERA/links/573b96e408aea45ee84066bf/CARACTERIZACION-QUIMICA-Y-MORFOLOGICA-DE-Moringa-oleifera-PARA-SU-APROVECHAMIENTO-EN-BIORREFINERIAS-1-APTITUD_PAPELERA.pdf#:~:text=La%20Moringa%20ole%C3%ADfera%20se%20compone,y%2047.6%20%CE%BCm%20de%20lumen.(consultado el 3 de junio 2023))

Velazquez,z.m,.Peon.E.I.,Zepeda,B.R.,&Jimenez.A.M,.2016. Moringa (*Moringa oleifera*): potential uses in agriculture, industry and medicine.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rcsh/v22n2/2007-4034-rcsh-22-02-00095.pdf>.