



# **UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA**

**TESIS**

**Efecto de la adición de ácido acético en la alimentación para  
mitigar la producción de gases de efecto invernadero en ovinos.**

**QUE PRESENTA:**

**PMVZ: JANETT MALFAVÓN MEJÍA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**ASESOR**

**Mc. Ángel Raúl Cruz Hernández**

**CO-ASESOR**

**Dr. Rodolfo Lucio Domínguez**

**MORELIA MICHOACAN 01/2018**

El presente trabajo titulado “Efecto de la adición de ácido acético en la alimentación para mitigar la producción de gases de efecto invernadero en rumiantes” forma parte del proyecto de la RED de Investigación en Cambio Climático, Producción y Salud del Ganado Bovino. Financiado por la Secretaría de Educación Pública, durante el año 2015 a 2017, y a través del PRODEP de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo al Cuerpo Académico UMSNH-CA-234.

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme llegar tan lejos y ponerme en manos de las personas correctas.

A mis padres, Manuel Malfavón Andrade y Dolores Mejía Lemus, por su apoyo y amor incondicional, por siempre estar con migo y tener fe en todo, por creer en mí, gracias.

A mis hermanos, por sus consejos apoyo y amor incondicional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A el sector, de ovinos y caprinos de la Facultad de Medicina Veterinaria y zootecnia por su accesibilidad y apoyo con los animales.

A mis asesores, Dr. Rodolfo Lucio Domínguez, MC José Luis Carlos Bedolla Cedeño y Mc. Ángel Raúl Cruz Hernández por apoyarme e instruirme en mi proyecto de titulación, por paciencia y dedicación dentro del desarrollo del proyecto.

Al Doctor, Mauricio Perea Peña Secretario Académico del instituto de investigaciones Agropecuarias y Forestales por brindarnos la oportunidad y confianza de utilizar los espacios antes mencionados.

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar el resultado de la adición ácido acético en la alimentación de ovinos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero. La investigación se realizó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la unidad Posta donde se evaluó la producción de gases de efecto invernadero con el método experimental realizado con dos ovinos adultos siendo los donadores del líquido ruminal. En este método de valoración de libras-fuerza por pulgada cuadrada (PSI) de manera invitro utilizando frasco de 125 ml de vidrio en una incubadora a una temperatura de 39 grados centígrados con rastrojo y salvado inoculados con ácido acético en distintos grados de inclusión 10,15 y 20 durante 96 horas en incubación tomando medidas cada 3 horas para observar la variación constante. Se comparó con las muestras estándar donde se encontraba solo alimento sin adición de ácido acético. Se evaluó en conjunto cada muestra incubada, se valoró cada medida en PSI tomadas con lo que se realizó un análisis comparativo de estas medidas y proporciones respectivamente. Se determinó que las muestras de rastrojo y salvado con un grado de inclusión al 10 % mostró marcada diferencia en la reducción de gases de efecto invernadero mientras que los otros grados de inclusión 15% y 20% elevaron dicha producción comparada con los estándares. Se concluye que el ácido acético contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero con un nivel de inclusión al 10% en la dieta de ovinos basada en rastrojo y salvado.

**Palabra claves:** *gases de efecto invernadero| ácido acético |ovinos| mitigación de gas/capa de ozono.*

## SUMMARY

The objective is to evaluate the result of the addition of acetic acid in sheep feed to mitigate the production of greenhouse gases. The research was carried out in the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics in the Posta unit where the greenhouse gas production was evaluated with the experimental method carried out with two adult sheep being the donors of the ruminal fluid. In this method of assessment of pounds-force per square inch (PSI) invitro using a bottle of 125 thousand glass in an incubator at a temperature of 39 degrees Celsius with stubble and bran inoculated with acetic acid in various degrees of inclusion 10,15 and 20 for 96 hours in incubation taking measurements every 3 hours to observe the constant variation. It was compared with standard samples where only food was found without the addition of acetic acid. Each incubated sample was evaluated as a whole, each measure in PSI was evaluated, and a comparative analysis of these measures and proportions was made, respectively. It was determined that the samples of stubble and bran with a degree of inclusion at 10% showed marked difference in the reduction of greenhouse gases while the other degrees of inclusion 15% and 20% raised said production compared with the standards. It is concluded that acetic acid contributes to the mitigation of greenhouse gases with a level of 10% inclusion in the diet of sheep based on stubble and bran.

**Keyword:** *greenhouse gases | acetic acid | sheep | gas mitigation. ozone layer.*

## INDICE

INTRODUCCIÓN	1
Gases de Efecto invernadero	2
La Ganadería y su Responsabilidad con las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.	6
Efecto de la Alimentación Sobre los Gases de Efecto Invernadero.	6
Digestión ruminal.	7
HIPÓTESIS	13
OBJETIVO	13
MATERIALES Y METODOS	14
RESULTADOS	16
DISCUSION	25
CONCLUSIÓN	27
BIBLIOGRAFIA	28

[Escribir texto]

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de datos entre PSI y horas con el 10 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético. _____	16
Tabla 2. Análisis de datos entre PSI y horas con el 15 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético _____	17
Tabla 3. Análisis de datos entre PSI y horas con el 20 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético. _____	17
Tabla 4. Análisis de los datos entre los PSI del estándar con el rastrojo y el salvado. _____	18

## ÍNDICE DE GRAFICAS

Grafica 1.1. Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusion al 10 %.	_____	19
Grafica 1.2. Salvado con ácido acético con un grado de inclusion al 10 %.	_____	19
Grafica 1.3. Comparación de rastrojo con estándar con grado de inclusión 10 %.		20
Grafica 1.4. Comparación de salvado con estándar con un grado de inclusion 10 %	_____	20
Grafica 2.1.Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusion al 15 %.	_____	21
Grafica 2.2.Salvado con ácido acético con un grado de inclusion al 15 %.	_____	21
Grafica 2.3. Comparación de rastrojo con estándar con grado de inclusión 15 %.		22
Grafica 2.4. Comparación de salvado con estándar con grado de inclusión 15 %.		22
Grafica 3.1.Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusion al 20 %.	_____	23
Grafica 3.1.Salvado con ácido acético con un grado de inclusion al 20 %.	_____	23
Grafica 4.1.Comparación de rastrojo con los distintos grado de inclusión.	_____	24
Grafica 4.2.Comparación de salvado con los distintos grado de inclusión.	_____	24

## INTRODUCCIÓN

Existen gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta. Los gases de efecto invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), clorofluorcarbonos (CFC) y ozono ( $\text{O}_3$ ) (Morgan 2003).

El cambio climático es un fenómeno de gran relevancia, por sus implicaciones sobre los diversos aspectos de la economía de cualquier país; particularmente, en la ganadería mexicana, el impacto negativo es evidente (Scholten 2013).

La ganadería contribuye significativamente a acelerar el cambio climático, principalmente, a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tales como: el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); ambos producidos a partir de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos (celulosa, almidón, sacarosa) contenidos en el alimento consumido, además del óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Rangel 2012).

El rumen, uno de los pre-estómagos de los rumiantes, es una cámara en donde se fermentan anaerómicamente los carbohidratos estructurales (celulosa) de los pastos, por acción de millones de bacterias y protozoarios, dando como resultado:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ , calor y ácidos grasos de cadena corta. En la mezcla de gases del rumen, el  $\text{CO}_2$  participa con 65% y el metano con 27% aproximadamente, aunque están presentes otros gases, en menor proporción. Una vaca de 500 kg de peso puede producir entre 400-450 litros de metano por día (Rangel 2016).

La reducción de las emisiones globales de metano es una parte importante de cualquier esfuerzo para disminuir las emisiones antropogénicas de GEI. Sin

embargo, el decrecimiento en el número de rumiantes no parece ser una opción, debido a la creciente demanda mundial de carne y leche, las cuales se duplicarán para el año 2050. Es por ello que la manipulación de las dietas a través de la adición de ácido acético (FAO 2005).

La producción de metano se incrementa con la digestión de la fibra, debido al aumento en la cantidad de ácido acético en relación al ácido propiónico, así los forrajes más digeribles y fibras de calidad como la cascarilla de soya generan mayor cantidad de metano. Mientras que la fermentación de almidón genera cambios en pH ruminal, no aptos para el desarrollo de metanogénicas y mayor producción de ácido propiónico, debido al estímulo de bacterias amilolíticas, lo que conduce a una disminución en la generación de metano (Aguilar 2014).

### **Gases de Efecto invernadero**

Existen gases que se encuentran presentes en la atmósfera terrestre y que dan lugar al fenómeno denominado efecto invernadero. Su concentración atmosférica es baja, pero tienen una importancia fundamental en el aumento de la temperatura del aire próximo al suelo, haciéndola permanecer en un rango de valores aptos para la existencia de vida en el planeta. Los gases de invernadero más importantes son: vapor de agua, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) (Rangel 2012).

El cambio climático es un fenómeno de gran relevancia, por sus implicaciones sobre los diversos aspectos de la economía de cualquier país; particularmente, en la ganadería mexicana, el impacto negativo es evidente (Trujillo 2012). La ganadería contribuye significativamente a acelerar el cambio climático, principalmente, a través de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), tales como: el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ); ambos producidos a partir de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos (celulosa, almidón, sacarosa)

contenidos en el alimento consumido, además del óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) (Alfaro y Muñoz 2012).

### **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

El dióxido de carbono es actualmente responsable de más del 54% del efecto "ampliado" de invernadero. Este gas se da naturalmente en la atmósfera, pero la combustión de carbón, petróleo, gas natural está liberando el carbono almacenado en estos "combustibles fósiles" a una velocidad sin precedentes. Análogamente, la deforestación libera el carbono almacenado en los árboles. Las emisiones anuales actuales ascienden a más de 7,7 mil millones de toneladas métricas de dióxido de carbono, o sea, casi el 1% de la masa total de dióxido de carbono de la atmósfera. El 75% del CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera por el hombre se debe a la combustión de combustibles fósiles (energía y transporte principalmente) y en un 25% a cambios de usos del suelo y deforestación.

El dióxido de carbono producido por la actividad humana penetra en el ciclo natural del carbono. Cada año, se intercambian de forma natural muchos miles de millones de toneladas de carbono entre la atmósfera, los océanos y la vegetación terrestre. Los intercambios en este sistema natural masivo y complejo están equilibrados con precisión; los niveles de dióxido de carbono atmosférico parecen haber variado en menos del 10% durante los 10.000 años que precedieron a la industrialización. Sin embargo, en los 200 años que siguieron a 1800 la concentración aumentó de 282ppm a 380ppm, lo que supone un 36% de aumento. Aún cuando la mitad de las emisiones de dióxido de carbono producidas por la actividad humana es absorbida por los océanos y la vegetación terrestre, los niveles atmosféricos siguen aumentando, y desde 1900 hasta la actualidad su concentración ha aumentado en 82ppm, lo que supone un crecimiento de 29% en poco más de 100 años.

La situación aun presenta otro inconveniente, si se considera que el dióxido de carbono en la atmósfera se estima que permanece de 100 a 300 años, por lo cual,

aunque las emisiones se detuvieran ahora mismo, las concentraciones de CO<sub>2</sub> no disminuirán, sino que se mantendrán estables por lo menos algo más de un siglo.

### **Metano (CH<sub>4</sub>)**

El metano de las emisiones pasadas actualmente contribuye en un 12% al efecto ampliado de invernadero. El rápido aumento del metano comenzó más recientemente que el del dióxido de carbono, pero la contribución del metano se le ha ido poniendo a la par rápidamente, estimándose que su concentración atmosférica se incrementó en un 100%. Sin embargo, el metano tiene un tiempo de vida atmosférico efectivo de sólo 7-10 años, mientras que el dióxido de carbono persiste durante un periodo mucho más prolongado.

Para tener en cuenta las diferencias en la absorción del calor entre los gases, se ha introducido el concepto de calentamiento global potencial, en el que todos los gases se comparan con el CO<sub>2</sub>, que tiene un potencial de calentamiento global de 1; pero el metano tiene un potencial de absorción 23 veces mayor al del dióxido de carbono, por lo que concentraciones menores de este gas contribuyen igualmente de manera considerable al calentamiento global.

El metano proviene principalmente de las actividades ganaderas, pantanos, digestión de los seres vivos, la biomasa (matería viva), los arrozales, los escapes de la gasolina y la industria minera.

### **Oxido Nitroso (NO<sub>2</sub>)**

Los niveles de óxido nitroso se han elevado en un 15%, principalmente debido a una agricultura más intensiva, además la deforestación y la combustión de combustibles fósiles. El óxido nitroso es 296 veces más eficiente absorbiendo calor que el CO<sub>2</sub>. Su contribución al efecto invernadero se estima en un 6%, y su vida alcanza los 140-190 años.

## **Clorofluorocarbonos (CFC's)**

Los clorofluorocarbonos (compuestos del flúor) fueron usados durante largo tiempo como refrigerantes y propelentes en los aerosoles, también en sistemas de aire acondicionado y espumas plásticas. Contribuyen al 7% del efecto invernadero y permanecen 65-110 años en la atmósfera.

## **Ozono (O<sub>3</sub>)**

El ozono es un estado alotrópico de los átomos de oxígeno, por lo que tiene propiedades químicas y físicas diferentes. La más importante de ellas tal vez reside en que presente en pequeñas concentraciones en la atmósfera puede reflejar una gran proporción de los rayos ultravioletas que se dirigen a la Tierra. Sin embargo, también contribuye al efecto invernadero al retener los rayos infrarrojos que escapan del planeta, su contribución al efecto invernadero es del 12%.

Las emisiones de (CH<sub>4</sub>) por el ganado bovino, aproximadamente están calculadas en 58 MMt/año, lo que corresponde al 73% del total de emisiones (80 millones) equivalente a las especies domésticas. Entre los principales animales domésticos responsable de la producción aproximada del 15% de (CH<sub>4</sub>) global, se encuentra el ganado bovino. Entre otros contribuyentes representativos tenemos, el (10%) de combustión de biomasa, el (14%) de pérdidas por combustión de hidrocarburos, (20%) de cultivos de arroz, y el (21%) de los pantanos naturales (Caughey 1997; Moss 2000).

Entre la variedad de gases a los que se les denomina de efecto invernadero (GEI), se tiene en cuenta al CO<sub>2</sub> el de mayor proporción y el que hoy en día tiene una importante contribución al aumento del calentamiento global. Actualmente las 6

concentraciones de CH<sub>4</sub> son menores a las de CO<sub>2</sub>, a pesar que el CH<sub>4</sub>, está aumentando vertiginosamente y también tiene un impacto (21 – 30) con una alteración de mayor grado de contaminación con respecto al CO<sub>2</sub> tomando en cuenta que con el lapso de los años el metano pudiera ser dominante (Sánchez y Mosvi 2012).

### **La Ganadería y su Responsabilidad con las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero.**

La ganadería de forma natural en su proceso digestivo produce metano, lo que acarrea a la merma de energía y favorece a las emanaciones de GEI, de las cuales se han realizado investigaciones con el fin de mitigar la metanogénesis del rumen, este procesamiento se produce por diversas causas, en donde la ingesta del alimento, composición y digestibilidad de la dieta y procesamiento previo del alimento son los que sobresalen. Se ha sugerido la manipulación alimenticia–nutricional como método para disminuir las emisiones de gases por su capacidad, simplicidad y probabilidad. Existen varios procedimientos para cuantificar y estimar las emisiones de metano, lo que contribuirá a desarrollar procedimientos para disminuir dichas emisiones (Bonilla y Lemus 2012).

### **Efecto de la Alimentación Sobre los Gases de Efecto Invernadero.**

Las dietas juegan un papel fundamental en las producciones de (CH<sub>4</sub>) a nivel global, se reportan informaciones de reducción de la emanación de (CH<sub>4</sub>) y un incremento en la eficiencia energética. Debido a que ciertos países tienen una mejor alimentación para su ganado ratifica lo mencionado anteriormente, que las emisiones son de 35 kg (CH<sub>4</sub>)/ año por animal en los países desarrollados, mientras que para los países en vía de desarrollo, su emisiones son de 55 kg CH<sub>4</sub>/año por animal (FAO 2011).

Diversas investigaciones indican que las tácticas de nutrición que suministran N para fermentación, también restablece el funcionamiento productivo de los animales, coadyuvan a reducir las emisiones de metano por unidad de carne o de leche obtenida en zonas tropicales (Monsalve, et al 2003). Mientras que se observó que en 7 estados, de un pobre rendimiento de los rumiantes como efecto de la baja digestibilidad y falta de nutrientes esenciales - por ejemplo proteína cruda - en los forrajes, es viable mejorar las condiciones, reformando la fermentación ruminal a través de la manipulación de la dieta (uso de leguminosas), o influyendo por medio de sistemas selectivos la población de microorganismos del rumen, asimismo aumenta, el cambio nutritivo y el rendimiento animal, mermando la dispersión de metano y de otras carencias nutritivas (Berra Y Finster 2002).

### **Digestión ruminal.**

La digestión de los alimentos ingeridos por el ganado es el efecto de una serie de fases que se producen en las distintas secciones del conducto gastrointestinal. Estos procesos incorporan: una fermentación de los componentes de la dieta por microorganismos en el retículo - rumen, una hidrólisis ácida y degradación enzimática en el abomaso e intestino, y una siguiente fermentación en el ciego y en el intestino grueso). El sitio principal de digestión es el rumen, donde el alimento es retenido por periodos de tiempo sustanciales y sometido a una extensa fermentación microbiana bajo condiciones anaeróbicas (OEI 2015).

El rumen, uno de los pre-estómagos de los rumiantes, es una cámara en donde se fermentan anaerómicamente los carbohidratos estructurales (celulosa) de los pastos, por acción de millones de bacterias y protozoarios, dando como resultado: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, calor y ácidos grasos de cadena corta. En la mezcla de gases del rumen, el CO<sub>2</sub> participa con 65% y el metano con 27% aproximadamente, aunque están presentes otros gases, en menor proporción. Una vaca de 500 kg de peso puede producir entre 400-450 litros de metano por día (Posada, 2006).

Dada estas características en su tracto digestivo pueden utilizar los carbohidratos celulósicos procedentes de las plantas y que el hombre y otros animales monogástricos no pueden aprovechar, por carecer de las enzimas digestivas capaces de romper las uniones  $\beta$ 1-4 de la glucosa en las cadenas de los polisacáridos estructurales. La utilización de estos alimentos fibrosos es posible, gracias a la existencia de un pre estómago que constituye una cámara de fermentación continua donde una gran población microbiana vive en simbiosis con el animal y le permite al hombre aprovechar de forma indirecta la energía almacenada en las plantas y convertirlas en alimento (carne, leche, etc.). La comunidad microbiana, que habita en el rumen, se caracteriza por su alta densidad de población, amplia diversidad y complejidad de interacciones, encontrando, en este órgano, representantes de los tres dominios: Bacteria, Archaea y Eucarya, protozoos ciliados, hongos anaerobios y bacteriófagos (Rebollar et al 2008).

El éxito ecológico de los rumiantes se debe a los beneficios de la fermentación pregástrica. El término fermentación se refiere al metabolismo microbiano en ausencia de oxígeno que convierte a los carbohidratos en productos orgánicos como los ácidos grasos volátiles (AGV), ácido láctico y etanol. Estos productos retienen la mayor parte de la energía original en el sustrato, una consecuencia de la falta de oxígeno para su oxidación completa a dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y energía (ATP).

Se plantea que la fermentación ruminal le concede al rumiante una serie de ventajas que no poseen los animales monogástricos dentro de las cuales se encuentran:

- 1) Utilizar alimentos que son muy fibrosos para los no rumiantes.
- 2) Degradar la celulosa liberando el contenido celular, convirtiendo la celulosa en un nutriente primordial.

3) Sintetizar proteína microbiana de alto valor biológico a partir de proteína vegetal de bajo valor biológico, del nitrógeno no proteico de la dieta y del reciclaje de productos metabólicos de desecho (urea).

4) Proveer todas las vitaminas del complejo B siempre y cuando exista la concentración adecuada de cobalto para la síntesis de vitamina B12.

Como es de suponer no todo son ventajas por lo que a continuación se relacionan algunas de las desventajas que puede tener la digestión ruminal:

1) El rumiante necesita pasar una buena parte del día (aprox. 8 hrs) rumiando y debe tener acceso al alimento a intervalos regulares.

2) El rumiante necesita mecanismos complejos para mantener su cámara de fermentación trabajando eficientemente por ejemplo: a) Adición continua de grandes cantidades de saliva con naturaleza alcalina. b) Movimientos de mezclado con tono marcado de los compartimentos gástricos. c) Mecanismos para la eliminación de gases producto de la fermentación (eructo), para la regurgitación (rumia) y para la absorción de los productos finales de fermentación, así como para el paso de partículas no digeridas hacia el omaso.

3) Las rutas metabólicas deben ser capaces de utilizar los particulares productos finales de la fermentación, los AGV's, de los cuales sólo el ácido propiónico es el único que puede convertirse en glucosa, cuyo requerimiento es elevado en etapas como final de gestación y lactación.

Por lo que se considera al proceso de fermentación como ineficiente desde el punto de vista energético, ya que las bacterias gastan energía para su mantenimiento lo cual se traduce como calor lo cual se considera una pérdida de energía para el rumiante.

Como se ha venido reflejando los AGV son de suma importancia ya que representan más del 70% del suministro de energía al rumiante. Virtualmente todo ácido acético, propiónico y el ácido butírico son absorbidos por el epitelio del rumen y transportados vía porta al hígado. La absorción de AGV no sólo es

importante para mantener su distribución en las células animales, sino para prevenir cantidades excesivas que puedan alterar el pH ruminal. (Nava, 2001).

El epitelio estratificado del rumen generalmente no se caracteriza por una eficaz absorción. No obstante es capaz de absorber eficientemente AGV, ácido láctico, electrolitos y agua. La superficie del epitelio es muy extendida debido a la formación de papilas bien vascularizadas. De los AGV, el 85 % se absorbe en el rumen, el 10 % en el omaso y abomaso, y un 5 % puede pasar al intestino (Bruni 2001).

## **Digestibilidad**

La digestibilidad hace referencia a la cantidad de alimento que desaparece en el tracto digestivo o en un procedimiento de laboratorio debido a su solubilización o ataque por los microorganismos anaerobios ruminales. Se define la digestibilidad de un alimento con más exactitud como la proporción del alimento que no excreta con las heces y que, por lo tanto, ha sido absorbida. La digestibilidad de los forrajes y pajas por parte del animal depende de su contenido de fibra bruta, que aumenta paralelamente al desarrollo de la planta por contener los tallos de las especies gramíneas de prado, y ciertas leguminosas como la alfalfa en particular, una mayor impregnación de lignina y cutina, haciéndolos menos digestibles (Clark Y Scholten 2013),

La digestibilidad es una forma de medir el aprovechamiento de un alimento, es decir, la facilidad con que es convertido dentro del aparato digestivo en sustancias útiles para la nutrición. Comprende dos procesos, la digestión que corresponde a la hidrólisis de las moléculas complejas de los alimentos, y la absorción de pequeñas moléculas (aminoácidos, ácidos grasos) en el intestino. Mientras que, la degradabilidad hace referencia a la cantidad de alimento que se descompone en

sus elementos integrantes, mediante procesos biológicos o químicos. A diferencia de la degradabilidad, la digestibilidad de los forrajes permite estimar la proporción de nutrientes presentes en el alimento, que tienen potencial de ser absorbidos por el tracto digestivo (Giraldo 2006).

### **Fermentación ruminal.**

El rumen es el sitio donde se lleva a cabo la fermentación del alimento que es ingerido por el animal. Cabe señalar que el rumen no es un órgano glandular por lo que no secreta enzimas digestivas, de manera que la actividad digestiva depende de las enzimas producidas por las bacterias, protozoarios y hongos ruminales. La importancia de dichos microorganismos ruminales se puede argumentar en el hecho de que cada 15 kg de materia seca consumidos por el animal, 10 kg son degradados y fermentados por los microorganismos ruminales.

En los rumiantes, la presencia de bacterias, protozoarios y hongos le permite cubrir hasta el 100% de sus requerimientos energéticos a partir de carbohidratos estructurales como celulosa y hemicelulosa, al mismo tiempo que le permite utilizar fuentes de nitrógeno no proteínico (urea, amoníaco) para cubrir una parte de sus necesidades de proteína, además, lo hace independiente de una suplementación de vitaminas hidrosolubles para cubrir sus requerimientos (Arelovich 2008).

Las características de fermentación de los alimentos en el rumen pueden ser estudiadas por métodos in vivo, in situ e in vitro. Debido a que en los estudios in vivo los alimentos sólo pueden ser evaluados en raciones totales y al hecho de que tales estudios requieren considerables recursos y son difíciles de estandarizar, en los últimos años varias técnicas in situ e in vitro han sido desarrolladas.

Dentro de las técnicas in vitro, la de uso más frecuente es la descrita por Tilley y Terry (1963), la cual fue modificada por Goering y Van Soest (1970) para estimar

la digestibilidad verdadera de la materia seca (MS). Otra técnica in vitro consiste en la utilización de enzimas en lugar de microorganismos, cuya principal ventaja es que no requiere animales como donadores de inóculo. Las dos anteriores técnicas son usadas como procedimientos para estimar la digestibilidad final del sustrato y no proveen información sobre la cinética de digestión. La técnica de la bolsa de nylon supera esta limitante al proporcionar estimativas de la tasa y la dinámica de la degradación de los constituyentes del alimento; sin embargo, es una aproximación laboriosa, costosa e invasiva, en la que solamente un pequeño número de muestras pueden ser evaluadas al tiempo (Marrero, 2014),

La técnica de producción de gases es otro método in vitro que permite determinar la extensión y la cinética de degradación del alimento a través del volumen de gas producido durante el proceso fermentativo (Theodorou et al 1994). Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato puede ser cuantificado (Pell 2002).

Otro problema inherente a los métodos in situ e in vitro que se han tratado de solucionar a través de la técnica de producción de gas es el estudio de las fases tempranas de la fermentación, ya que los procedimientos gravimétricos no son lo suficientemente sensibles para medir los pequeños cambios que ocurren en el peso del sustrato durante las primeras horas de fermentación (Staff, 2011).

La técnica de producción de gas mide la cantidad de gas liberado directamente como un producto de la fermentación e indirectamente desde el fluido ruminal neutralizado.

El gas es producido principalmente cuando el sustrato es fermentado hasta acetato y butirato. La fermentación del sustrato hasta propionato produce gas solamente desde la neutralización del ácido; por consiguiente, una menor producción de gas es asociada con la fermentación propiónica (Alvarez 2009).

## **HIPÓTESIS**

La adición de ácido acético en la alimentación de los ovinos, disminuye la emisión de gases de efecto invernadero.

## **OBJETIVO**

El objetivo de la presente investigación fue la adición de ácido acético en alimentación de ovinos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero

## MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la FMVZ-UMSNH, unidad posta, la cual se encuentra ubicada en la carretera Morelia – Zinapécuaro, Km 9.5, en el municipio de Tarímbaro, Michoacán. Las características fisiográficas de la región son: clima templado con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 600 a 800 mm, con una altitud entre 1900 y 2400 msnm, y temperatura anual promedio de 16 a 18°C (INEGI, 2008).

El método experimental se realizó con dos ovinos adultos, como donadores de líquido ruminal, los animales recibieron una dieta basada en silo de maíz, avena fresca avena molida salvado y melaza, alimentación ad libitum con acceso libre a agua. Se extrajo 1lt de líquido ruminal por medio de una sonda oro-ruminal con bomba al vacío.

Se utilizaron frascos de 125 ml de vidrio en el cual se depositaron una cantidad de un 10% de líquido ruminal, un 90% de solución buffer la cual está compuesta de:

- solución tampón (1L): se pesan 35gr de Bicarbonato de sodio y 4gr de Bicarbonato de amonio. Se coloca el matraz en el agitador magnético y se coloca 500ml de agua destilada con un agitador, se agrega el Bicarbonato de sodio y se agrega el Bicarbonato de amonio hasta que esté totalmente disuelto el primero. Ya disueltos los dos reactivos, se retira del agitador y se coloca en un matraz aforado, donde se afora a 1L.
- Para la solución de macro minerales (1L): Se pesan 5.7gr de fosfato de sodio, 6.2gr de fosfato de potasio y 0.6gr de sulfato de magnesio. Se colocó en el matraz 500ml de agua destilada, se agrega el agitador y se colocó en el agitador magnético; al cual se le agregaron de uno por uno los reactivos, hasta que se disuelvan completamente. Ya lista la solución se pasa a un matraz aforado y se afora hasta 1L.

- Para la solución de micro minerales (25ml): se pesan 3.3gr de Cloruro de calcio, 2.5gr de cloruro manganoso y 0.25gr de cloruro de cobalto. Se coloca un vaso de 25ml en el agitador magnético, se le agregan 15ml de agua destilada y se agrega uno a uno ya que el primero se disuelve. Después se afora en una probeta de 25ml y la solución se coloca en el frasco anteriormente mencionado.

Posteriormente se pesaron 0.999g de alimento total, se incubaron en baño maría a 39.5 grados centígrados, se agregó una muestra de ácido acético, se dejaron incubando a una temperatura de 39 grados centígrados durante 96 hrs y se realizó la medición cada 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 hrs, con un transductor de presión.

Después de la incubación y la medición, se realizaron cálculos estadísticos y matemáticos para observar las variaciones de la producción de gas.

## RESULTADOS

En el análisis realizado se encontraron cambios significativos entre los distintos grados de inclusión y el estándar en cuanto a las proporciones producidas de gas, sin embargo, si se encontró una reducción de producción de gas con el grado de inclusión al 10 % (Tabla 1) y (Grafica 1.3, 1.4.).

Tabla 1. Análisis de datos entre PSI y horas con el 10 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético.

Muestras	Horas									
Muestra + ácido acético 10%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
PSI										
Rastrojo + ácido acético	0.55	0.73	5.68	0.76	0.27	2.12	0.75	4.07	2.32	2.17
Salvado + ácido acético	0.47	1.16	4.18	0.37	0.18	0.14	1.94	3.85	3.35	2.64

De acuerdo al análisis realizado con el grado de inclusión al 15 % se puede observar el aumento de producción de gas comparado con el estándar y el grado de inclusión al 10 % (Tabla 2) y (Grafica 2.2.y 2.3).

Tabla 2. Análisis de datos entre PSI y horas con el 15 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético.

Muestras	Horas									
Muestra + ácido acético 15%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
PSI										
Rastrojo + ácido acético	0.34	6.62	1.42	0.26	1.04	0.47	1.30	2.07	0.26	0.91
Salvado + ácido acético	0.41	0.73	0.26	2.06	6.29	1.12	2.56	5.10	3.28	2.02

Tabla 3. Análisis de datos entre PSI y horas con el 20 % de ácido acético de inclusión en rastrojo y ácido acético.

Muestras	Horas									
Muestra + ácido acético 20%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
PSI										
Rastrojo + ácido acético	0.41	1.19	3.02	0.21	0.83	0.26	0.41	6.60	2.78	1.99
Salvado + ácido acético	0.47	0.36	0.23	0.52	0.45	0.54	0.36	3.84	4.41	2.86

De acuerdo con el análisis de comparación se observa en los resultados de producción de gas que han elevado en comparación con el estándar y la inclusión al 10%. (Tabla 3), (Grafica 3.2 y 3.3).

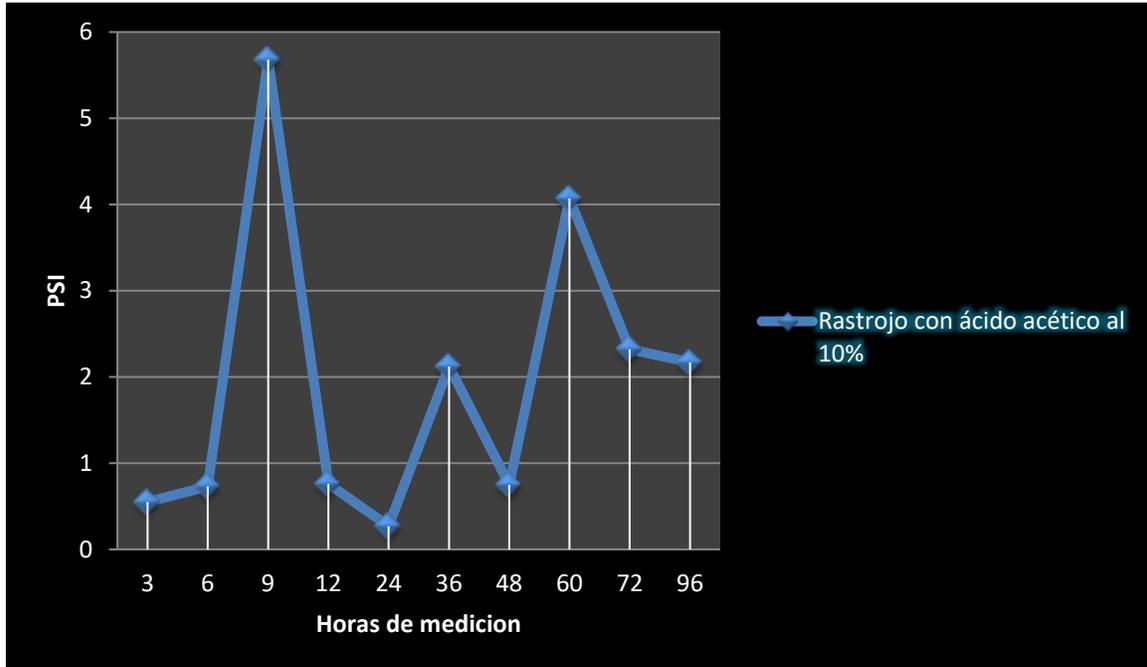
Tabla 4. Análisis de los datos entre los PSI del estándar con el rastrojo y el salvado.

Muestras	Horas									
Estándar	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
Rastrojo	0.36	0.91	0.68	2.29	0.29	0.18	3.45	4.82	2.79	1.21
Salvado	0.36	0.42	0.90	0.85	0.26	0.90	4.44	5.19	5.91	5.06

Como se puede observar en las tablas anteriores la inclusión de ácido acético al 10 % durante el periodo de 96 horas tuvo mejor comportamiento para la reducción de gases de efecto invernadero (Grafica 4 y 4.1).

## INCLUSION AL 10 % DE ACIDO ACETICO

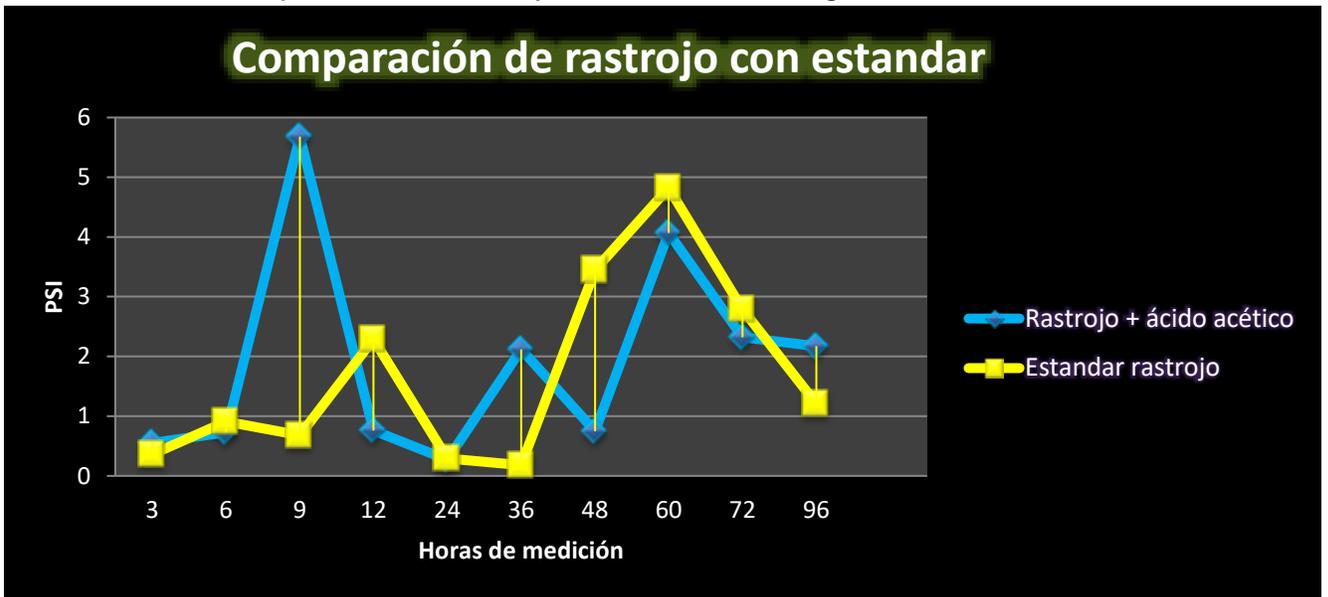
Grafica 1.1. Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusion al 10 %.



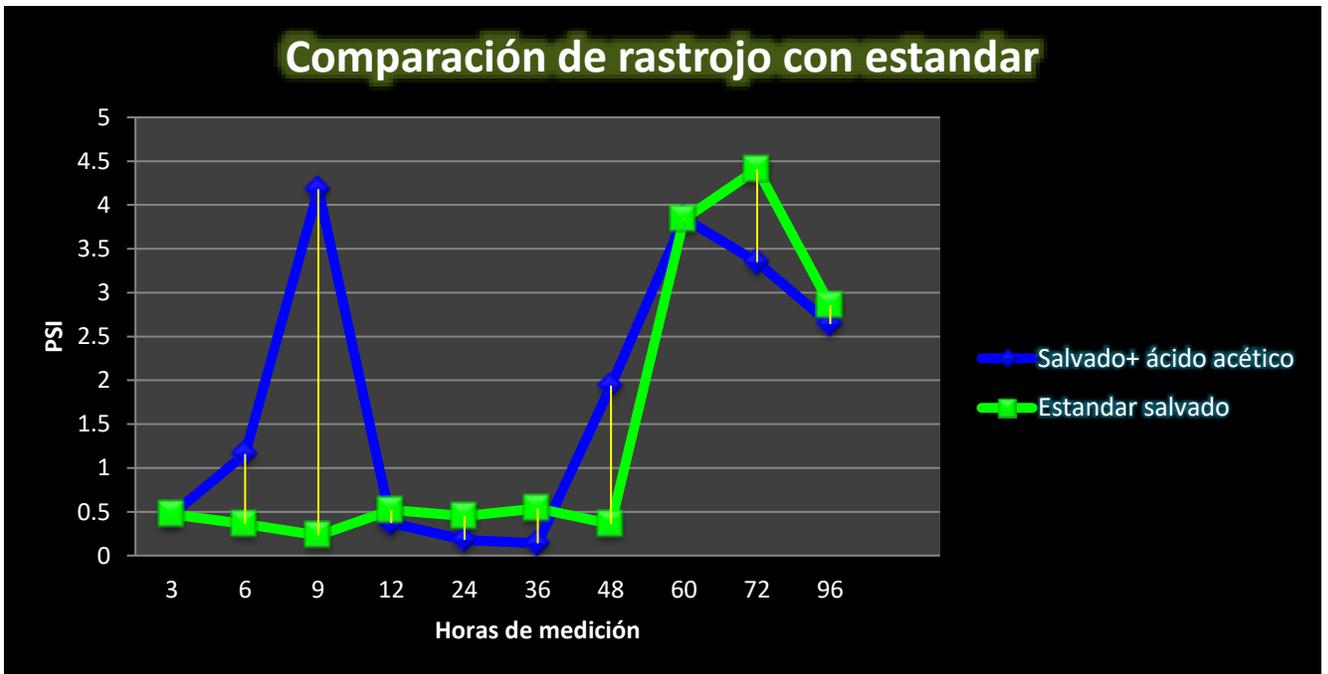
Grafica 1.2. Salvado con ácido acético con un grado de inclusion al 10 %.



Grafica 1.3. Comparación de rastrojo con estándar con grado de inclusión 10 %.



Grafica 1.4. Comparación de salvado con estándar con un grado de inclusion 10 %



## RESULTADOS DE 15 % DE INCLUSION EN LA DIETA

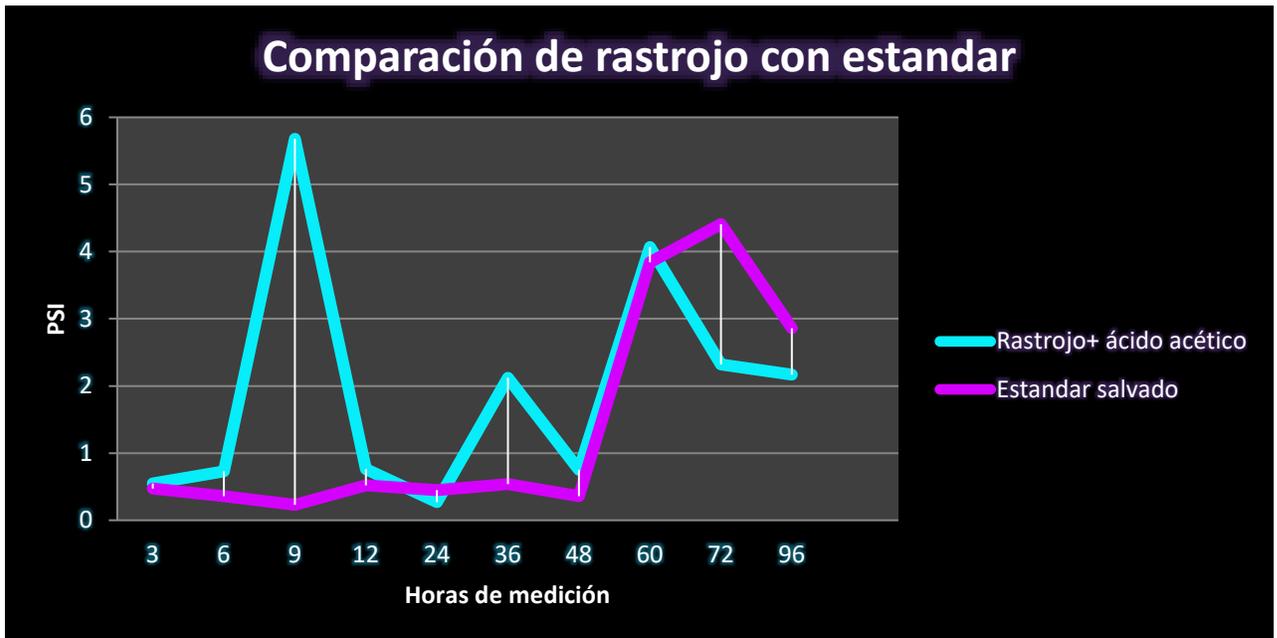
Grafica 2.1. Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusion al 15 %.



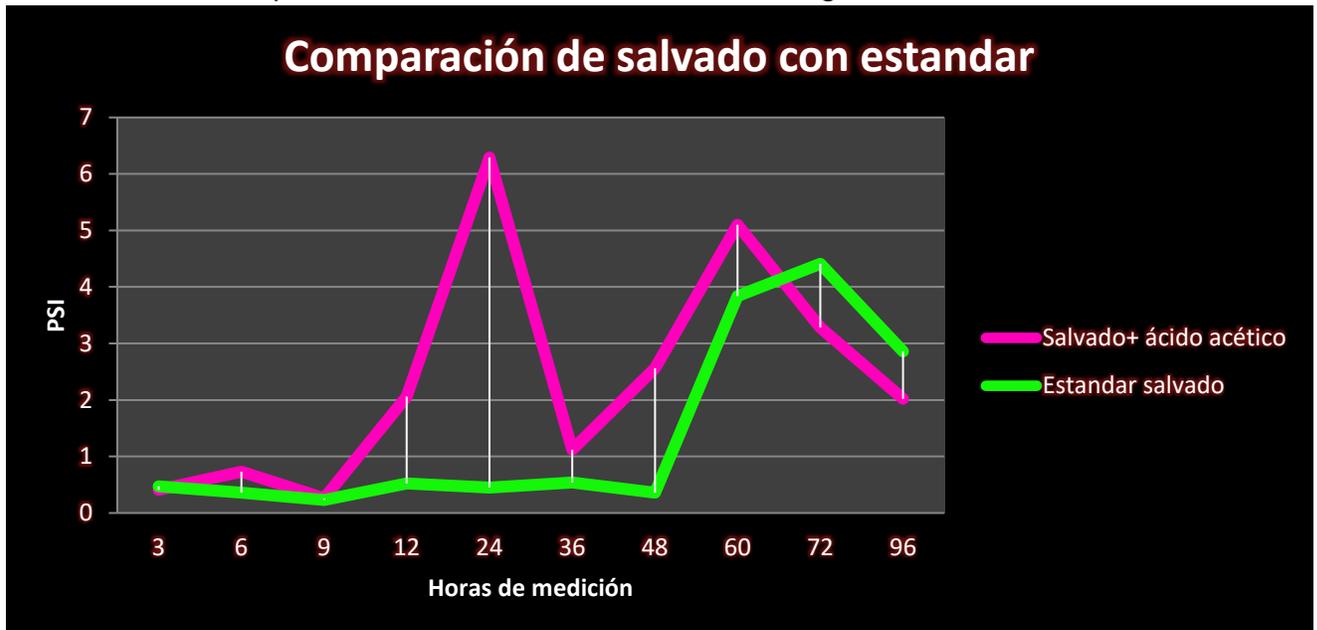
Grafica 2.2. Salvado con ácido acético con un grado de inclusion al 15 %.



Grafica 2.3. Comparación de rastrojo con estándar con grado de inclusión 15 %.

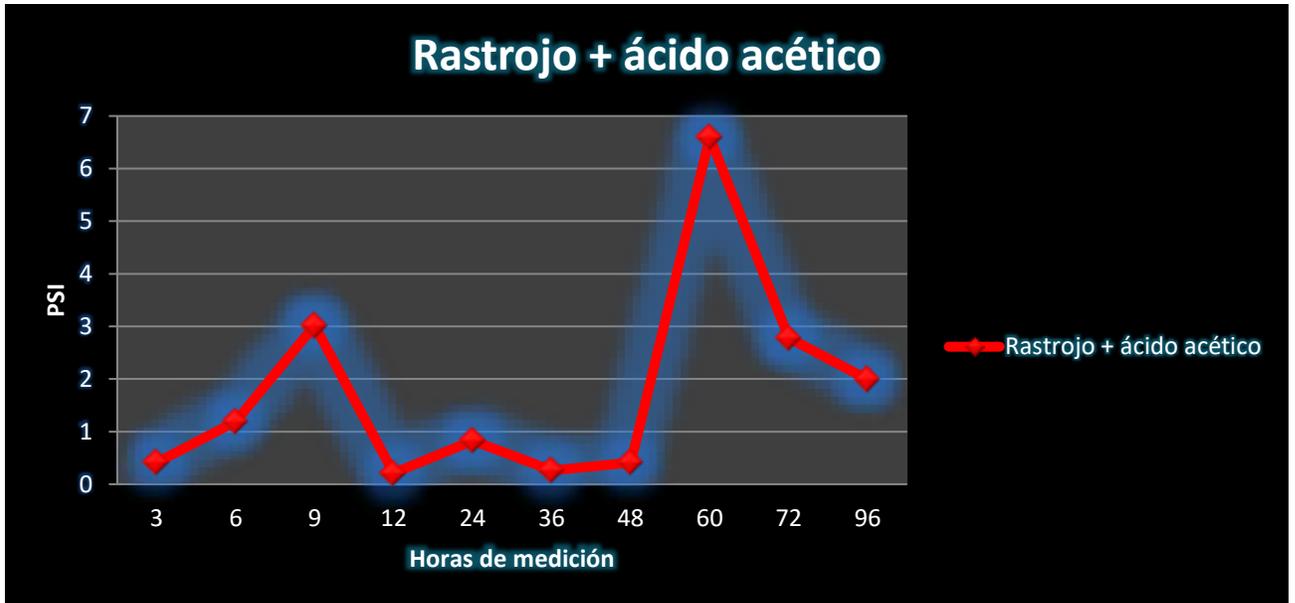


Grafica 2.4. Comparación de salvado con estándar con grado de inclusión 15 %.



## RESULTADOS DE 20 % DE INCLUSION EN LA DIETA

Grafica 3.1. Rastrojo con ácido acético con un grado de inclusión al 20 %.

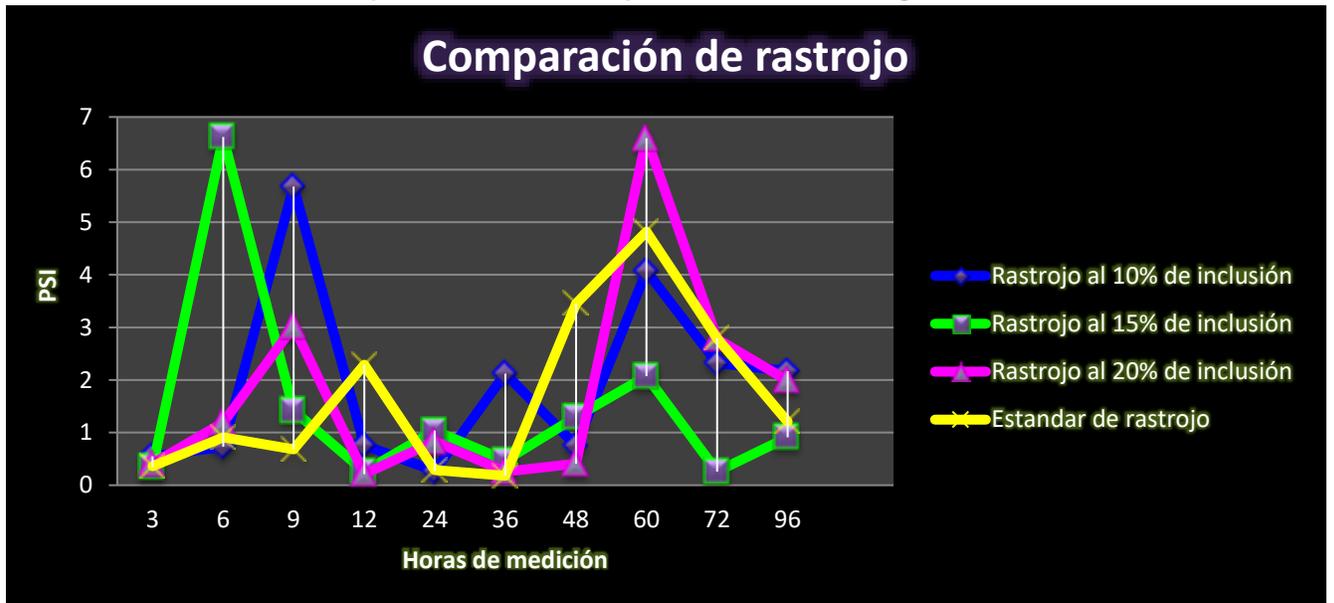


Grafica 3.1. Salvado con ácido acético con un grado de inclusión al 20 %.

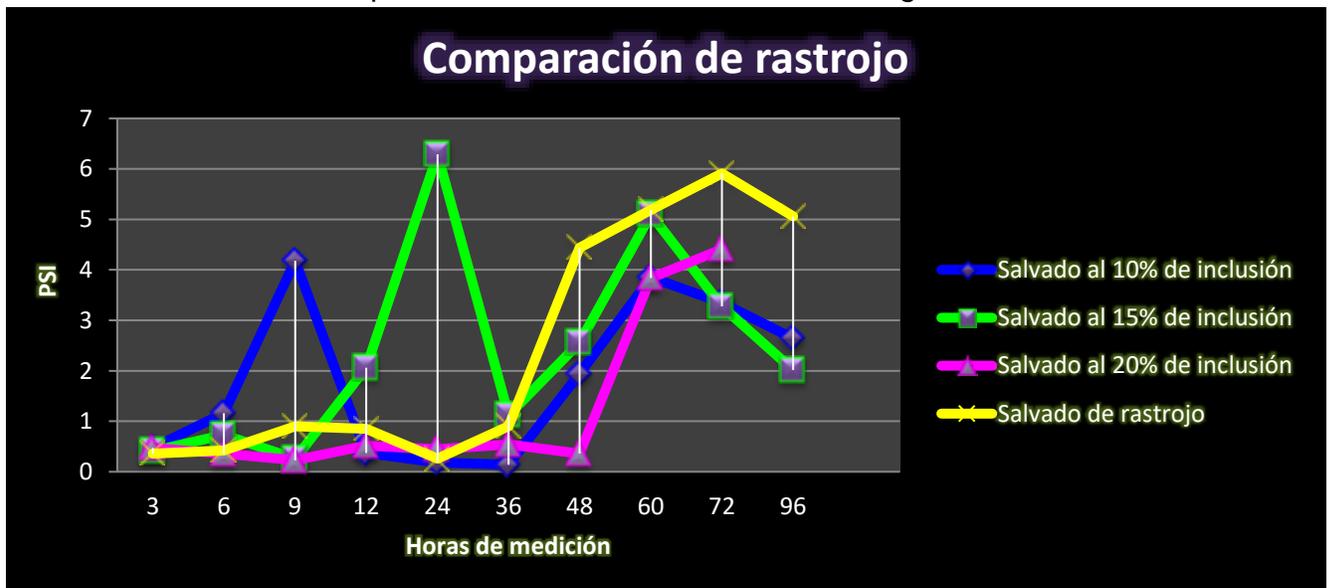


## COMPARACIÓN DE RASTROJO CON LOS TRES GRADOS DE INCLUSIÓN Y ESTANDAR

Grafica 4.1. Comparación de rastreo con los distintos grado de inclusión.



Grafica 4.2. Comparación de salvado con los distintos grado de inclusión.



## DISCUSION

La producción de gases dentro de los frascos de rastrojo y salvado durante el tiempo de la incubación se redujo de manera notable, mientras que los frascos que contenían estándar u otros grados de inclusión, la producción de gas se vio elevada considerablemente.

Estudios previos realizados en cerdos por Berra y Finster (2002) mostraron que la incubación con dieta específica con un grado de inclusión de ácido acético redujo la producción de gas después de 72 horas de incubación con respecto al grupo control. Un efecto similar se ha conseguido con la incubación de ácido acético en salvado y rastrojo en ovinos.

Bruni (2001). En su investigación sobre técnicas de reducción de efecto invernadero determinó que la utilización de ácido acético en las dietas de los animales ya sean rumiantes o monogástricos ayuda con la reducción hasta un 10 o 15 % de las emisiones ya sea en excremento eructos o gases en conjunto con mejor solubilidad de los residuos mostrando así una mejor digestibilidad.

En ambos casos los estudios de Bruni (2001) y Berra y Finster (2002) fueron sobre la utilización de adición de ácido acético a la dieta de los animales sin embargo ninguno de ellos ha realizado estudios en ovinos o rumiantes con ácido acético directamente, por lo que los resultados son buenos por que de cualquier manera cumplió el objetivo de dicha investigación, otro factor que puede cambiar pero sin embargo apoyar es el tiempo de incubación debido a que varía de 72 a 96 horas. No obstante Yoandra Marrero, (2014) en su investigación menciona que en combinación con el bicarbonato de sodio se podría tener resultados más relevantes.

La producción de gas resulto superior en los frascos control e inclusión de 15 y 20 con respecto alo observado con los frascos con un grado de inclusión en 10 %, sin embargo al compararlos entre si los frascos estandares son mas similares con los 10 %de inclusión con los otros grados ya mencionados.

Sin embargo los trabajos antes mencionados contemplan la reducción de la producción de gas en otras especies pero sin embargo dado esta practica contempla y complementa las investigaciones realizadas con ácido acetico pero esta vez en ovinos con resultados positivos por lo que la investigación se puede aplicar.

## **CONCLUSIÓN**

Se concluye que el ácido acético contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero en un nivel de 10% de adición a la dieta de los ovinos basada en rastrojo y salvado; mientras que en un nivel de inclusión de ácido acético de 15 y 20% elevan la producción de gas con la misma dieta.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, Z. 2014. Métodos utilizados para reducir la producción de metano(en línea).[www.uprm.edu/ciaq/inpe/produccion de metano/metano3-1-2014.pdf](http://www.uprm.edu/ciaq/inpe/produccion%20de%20metano/metano3-1-2014.pdf)

(consulta:1 septiembre2017).

Alfaro, M. y Muñoz. Rodr, R. R. N., 2005. Universidad de Antioquia, Facultad de [En línea] Available at: [http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.ht](http://www.lrrd.org/lrrd17/4/posa17036.htm)

[consulta: 01 09 2017].

Alvarez, D. M., 2009. Universidad nacional de colombia.cambio climatico y sus efectos[Enlínea] Available at: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1801/1/7405001.2009.pdf>

[consulta: 25 08 2017].

Blas, C., Garcia Rebollar, P, Cambra, M. & Torres, A. G., 2008. XXIV curso de especialización de medio ambiente y sus cambios FEDNA. [En línea] Available at: <http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/89-gases.pdf>

[consulta : 20 08 2017].

Berra, G. y Finster, L. 2002. Produccion animal y produccion de gases [En línea] Available at: [http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto\\_invernadero.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/50-efecto_invernadero.pdf)

[consulta: 05 09 2017].

Bruni P. C., 2001. spluy.Alternativas de gases de efecto invernadero [En línea] Available at: <http://www.spluy.com/documentos/articulos/alimentacion/14.pdf>

[consulta: 20 08 2017]. minutos, 2., 2016. La FAO alerta de que agricultura y ganadería generan un 20% de las emisiones de tipo invernadero. 20 minutos, 17 10.

Clark, H. & Scholten, M., 2013. Reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero de la ganadería: mejores practicas y opciones emergentes. s.l.:New Zeland agricultural greenhouse gas.

FAO, 2011. FAO.Produccion de gases en la indisytia ganadera [En línea] Available at: <http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-GHG-es.pdf>

[consulta: 15 08 2017].

FAO.2005. Efecto invernadero-bovinos.(En línea) Available at: <http://www.fao.org/assets/bovino/FAO-invernadero-GHG-es.pdf>

[consulta: 15 08 2017].

INEGI. 2008.Localizacion y censo de Morelia michoacan ,recuperado el 28 de diciembre de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/>.

INECC, 2016. Coordinación General de Cambio Climático y Desarrollo Bajo en Carbono.[Enlínea] Available at: <http://www.cnog.org.mx/archivos/expo/INECC%20Inventario%20Nacional%20de%20Emisiones%20y%20Compuestos%20de%20Gases%20de%20Efecto%20Invernadero%20Ileana%20Villalobos%20Estrada.pdf>

[consulta: 01 09 2017].

Morgan, J. A. 2003. The atmosphere and the science of weather. Macmillan College Publishing volmen 2,pag.145-200-.

OIE;Organizacion de Estados Iberoamericanos. Sustentabidas de rumiantes en laboratorio [En línea] Available at: [http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias\\_049.htm](http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias_049.htm)

[consulta: 15 08 2017].

Posada, r. n. d. b., 2006. Relación entre presión y volumen para la implementación de la técnica in vitro de producción de gases en Medellín, Colombia. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 19(4).

Rangel, K. 2012. Emisiones de metano por rumiantes. Ciencia y Desarrollo (en línea)

<http://www.emisiones-demetano.com.ar/información/ciencia-desarrollo/rumiantes.pdf>

(consulta 05,09,2017).

Reyes, A. D. 2003. Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante. Recuperado el martes de Enero de 2017, de Los microorganismos del rumen y su papel en la fisiología digestiva del rumiante.:

<http://monorumiantes.umcc.cu/monos/2008/Agronomia/m082.pdf>.

Robert, B. 2000. Bacterias ruminales y digestibilidad. Recuperado el 29 de Diciembre de 2016, (en línea) de

[http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/69-bacterias\\_ruminales.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/69-bacterias_ruminales.pdf).

Silva Ruilova, J. O., 2017. Universidad técnica de ambato. [En línea] Available at:

<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25098/1/tesis%20028%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Silva%20Jonathan%20-%20cd%20028.pdf>

[consulta: 13 09 2017].

Staff, I., 2011. imco.ambiente alternativo para emisiones de gases [En línea] Available at: [http://imco.org.mx/medio\\_ambiente/emisiones-de-co2-a-nivel-global-via-el-pais/](http://imco.org.mx/medio_ambiente/emisiones-de-co2-a-nivel-global-via-el-pais/)

[consulta: 01 09 2017].

Yoandra Marrero, o. r. a. c. o. j. j. g. y. c. n. m., 2014. Producción de gas in vitro de sustratos fibrosos con la inclusión de levaduras. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 48(2).

Walter Oyhançabal, E. V. (2010). El cambio climático y su relación con. Recuperado el jueves de enero de 2017, de el cambio climático y su relación con: <http://www.oie.int/doc/ged/D11835.PDF>.

**H**

