



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la alimentación de los ovinos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero.

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

PMVZ CAROLINA CÁRDENAS AMAYA

ASESOR:

Mc. José Luis Carlos Bedolla Cedeño

CO-ASESOR:

Mc. Ángel Raúl Cruz Hernández



Enero 2018.



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**Efecto de la adición de bicarbonato de sodio
en la alimentación de los ovinos para mitigar
la producción de gases de efecto
invernadero.**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A:

PMVZ CAROLINA CÁRDENAS AMAYA



Enero 2018.

El presente trabajo intitulado “Efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la alimentación de los ovinos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero” 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.

Jazmín y Jesús

Para ustedes va dedicado este trabajo, sin su total apoyo incondicional, sin su confianza ni su fe en mí no habría podido concluir hoy una etapa más, mejores padres no pudo darme dios, gracias por siempre.

Paola y Jazmín

Mis compañeras de vida, gracias por ayudarme a crecer como persona, alentarme a ser mejor y desear ser mejor para ustedes, las amo desde el día en el que las conocí y así será por el resto de mi vida.

Bety

Eres uno de mis complementos, nada más que decir; más que amiga eres mi hermana, gracias por estar siempre ahí siempre; por ser mi roca, mi apoyo.

Karla

En las buenas y en las malas por siempre, a ti te debo mucho, lo sabes y por eso te estaré siempre agradecida y me llena de gusto decir que eres una de mis mejores amigas.

AGRADECIMIENTOS.

A Pedro, Mizraim y Jovan

Mis personas, amigos que siempre están en todo momento, gracias por todo su apoyo,

A Yuni

A pesar del tiempo de conocernos parece que te conozco de años, gracias por tu amistad y el hacerme parte de tu vida.

A mis asesores, Mc. José Luis Carlos Bedolla Cedeño, Mc. Ángel Raúl Cruz Hernández y Dr. Rodolfo Lucio Domínguez, sin duda grandes mentores; muchas gracias por toda la paciencia puesta en mí.

Al sector de ovinos y caprinos de la FMVZ Unidad Posta de la UMSNH por darme la accesibilidad a las instalaciones y por toda la ayuda brindada.

Al Dr. Mauricio Perea Peña por las facilidades administradas del Instituto de Investigación Agropecuarias y Forestales, al igual porque gracias a él la realización de la fase experimental fue realizada.

RESUMEN:

La presente investigación se realizó con el fin de demostrar que el bicarbonato de sodio funciona como una opción viable a la problemática de la producción de gases de efecto invernadero, este teniendo la función de mitigador de los mismos. Dicha investigación fue realizada 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. Se evaluó la producción de gas in vitro de los alimentos administrados en la dieta de los ovinos (rastrajo de maíz y salvado) de la FMVZ de la UMSNH, a los cuales se les administraron las concentraciones de 10, 15 y 20% de bicarbonato de sodio. Para la incubación de las muestras se utilizaron frascos de 125 ml de vidrio, en los cuales se depositaron el 10% del líquido ruminal extraído, 90% de: solución buffer, solución de macrominerales y solución de microminerales; donde se añade resazulina y L- cisteína; a lo cual se pesarán 0.800 mg de alimento total, esto se incubó en el baño de inmersión a 39°C, se agrega una muestra de bicarbonato, se dejó incubando a una temperatura de 39°C durante 92 hrs y se realizó la medición con un transductor de presión. Como resultados se obtuvieron que mediante la administración del 15% de bicarbonato de sodio combinado con una dieta basada en rastrojo, se ve mitigada la producción de gases de efecto invernadero, en comparación con el 10 y 20%; al igual que con la que produce el alimento por sí solo. En cuanto a la dieta basada en salvado, la opción por la cual se ve mitigada la producción de gas es cuando se agrega a la incubación in vitro el 10% de bicarbonato de sodio.

Palabras clave: Gases de efecto invernadero| Mitigación| Rumiantes| Bicarbonato de sodio| Alimentación.

ABSTRACT

The present research was carried out in order to demonstrate that sodium bicarbonate works as a viable option to the problem of the production of greenhouse gases, this having the function of mitigating them. This research was carried out in the facilities of the FMVZ-UMSNH, post unit, which is located on the Morelia-Zinapécuaro highway, Km 9.5, in the municipality of Tarímbaro, Michoacán. The in vitro gas production of the foods administered in the sheep diet (maize and bran stubble) of the FMVZ of the UMSNH was evaluated, to which the concentrations of 10, 15 and 20% of sodium bicarbonate. For the incubation of the samples, bottles of 125 ml of glass were used, in which 10% of the extracted ruminal liquid were deposited, 90% of: buffer solution, solution of macrominerals and solution of microminerals; where resazulin and L-cysteine are added; to which 0.800 mg of total feed will be weighed, this is incubated in the immersion bath at 39 ° C, a bicarbonate sample is added, incubated at a temperature of 39 ° C for 92 hrs and measurement was performed with a pressure transducer. As results it was obtained that by administering 15% of sodium bicarbonate combined with a diet based on stubble, the production of greenhouse gases is mitigated, compared to 10 and 20%; as well as with that which produces the food on its own. As for the bran-based diet, the option by which gas production is mitigated is when 10% of sodium bicarbonate is added to the in vitro incubation.

Keywords: Greenhouse gases | Mitigation | Ruminants | Sodium bicarbonate | Feeding.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Gases de efecto invernadero.....	1
La ganadería y su responsabilidad con las emisiones de gases de efecto invernadero.....	3
Digestión ruminal.....	5
Efectos de la dieta en la digestión ruminal.....	7
Medición de gases de efecto invernadero.....	7
Técnicas de medición de gases de efecto invernadero.....	8
Estrategias para la mitigación de gases de efecto invernadero.....	10
Uso del bicarbonato sódico en la dieta de los rumiantes.....	11
HIPÓTESIS.....	12
OBJETIVO:.....	12
MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
RESULTADOS.....	14
DISCUSIÓN.....	20
CONCLUSIÓN.....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Descripción de la producción en toneladas de los gases de efecto invernadero a nivel mundial.....	2
Figura 2. Porcentajes de las producciones de GEI dependiendo el sector en México.	3
Figura 3. Metabolismo de los carbohidratos en el rumen.....	5

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 10% de bicarbonato de sodio.....	12
Tabla 2. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 15% de bicarbonato de sodio.....	12
Tabla 3. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 20% de bicarbonato de sodio.....	12
Tabla 4. Mediciones de producción de gas, sólo tomando de referencia al alimento.	12

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1. Comparación de producción entre la muestra estándar y el rastrojo más el bicarbonato 10%.....	13
GRÁFICA 2. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más el bicarbonato 10%.....	13
GRÁFICA 3. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el rastrojo más el bicarbonato 15%.....	14
GRÁFICA 4. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más el bicarbonato 15%.....	14
GRÁFICA 5. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el rastrojo más bicarbonato 20%.....	15
GRÁFICA 6. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más bicarbonato 20%.....	15
GRÁFICA 7. Comparación de los niveles de inclusión del bicarbonato más la muestra y la muestra estándar.....	16
GRÁFICA 8. Comparación de los niveles de inclusión del bicarbonato más la muestra y la muestra estándar.....	16



INTRODUCCIÓN.

Gases de efecto invernadero

En la actualidad, la cuestión del cambio climático ha estado en la mente de todos, ya que es considerado uno de los mayores desafíos al que nos enfrentamos; esto porque ejerce una presión adicional tanto en la sociedad como en el medio ambiente, siendo este de alcance mundial y de una escala sin precedentes; lo cual hace más difícil su adaptación a este en el futuro. Se ha demostrado que la temperatura media de la superficie de la tierra ha aumentado $0,6^{\circ}\text{C}$ desde finales del siglo XIX, lo cual resulta alarmante para la preservación estable de las condiciones climáticas. (ONU, 2016).

Este fenómeno es consecuencia de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, estos son producidos de manera natural y son esenciales para la supervivencia de los seres humanos y de millones de otros seres vivos; esto porque al impedir que parte del calor del sol se propague al espacio hace que la tierra sea un lugar habitable. El problema reside en el nivel de concentración de los mismos, ya que son creados por diferentes medios; entre los que resaltan la quema de combustibles fósiles para la obtención de energía, las actividades agropecuarias, rellenos sanitarios, entre otros (Correa, 2015).

Independientemente del gas de que se trate, las emisiones de GEI suelen registrarse en términos de emisiones equivalentes de dióxido de carbono. Esta medida se usa para comparar la capacidad de cada GEI de atrapar el calor (potencial de calentamiento global, PCG) en la atmósfera en relación con la del CO_2 , que se toma como gas de referencia. El dióxido de carbono (CO_2) es un gas no tóxico e inocuo. El aumento constante de la concentración de CO_2 en la atmósfera, preocupante por sus efectos en el cambio climático, se debe sobre todo a las actividades humanas (CEC, 2012).



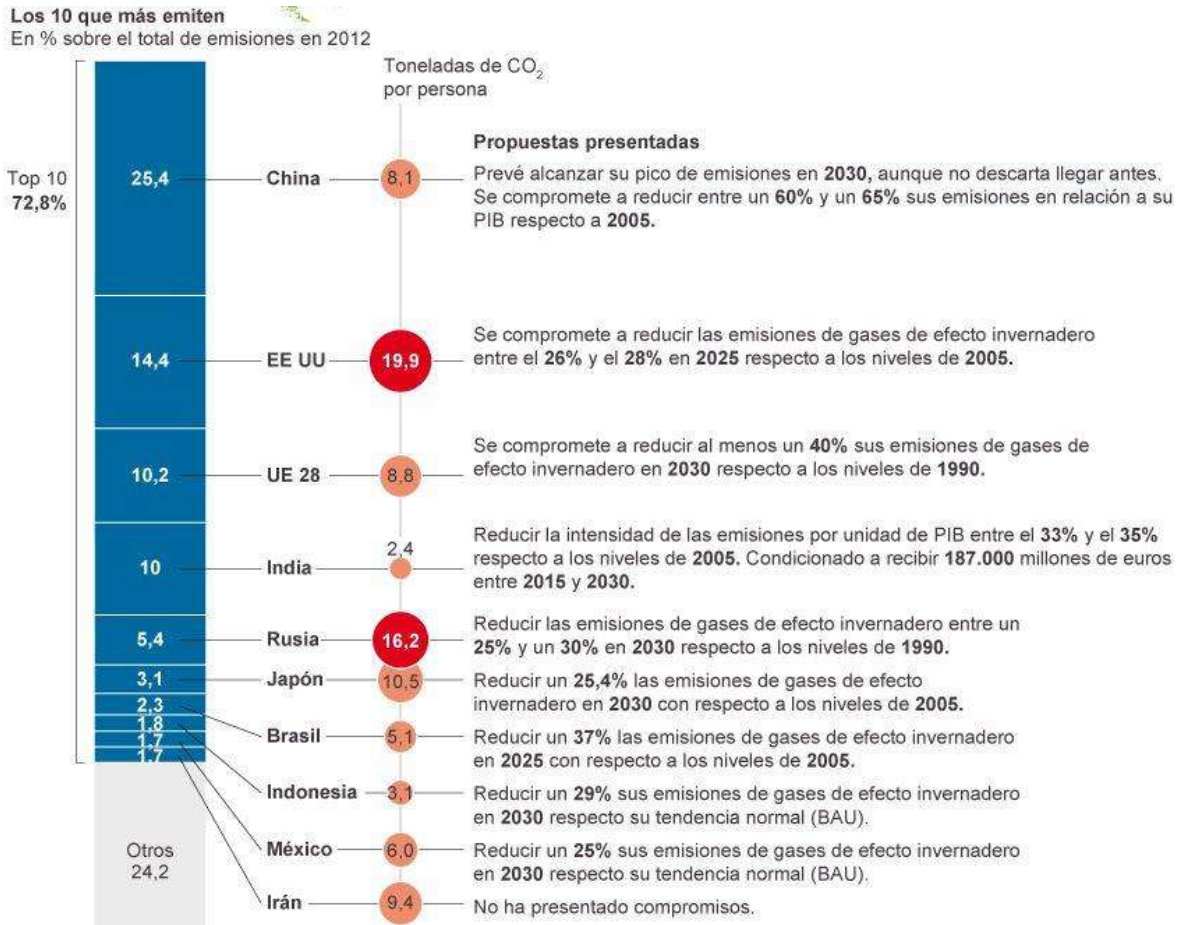
Se calcula que las concentraciones atmosféricas mundiales de CO₂ en 2005 fueron 35% mayores que los valores observados antes de la Revolución Industrial. La principal fuente de este gas es la quema de combustibles fósiles. Otras fuentes son los incendios forestales y de pastizales, además de los procesos de combustión utilizados para producir los materiales requeridos en la fabricación de cemento (Bonilla y Córdoba, 2011).

El metano (CH₄) persiste en la atmósfera de nueve a 15 años y es 21 veces más efectivo para captar el calor de la atmósfera que el dióxido de carbono. Al igual que ocurre con el CO₂, las emisiones atmosféricas de CH₄ provienen de diversas fuentes naturales y antropogénicas. Se estima que las fuentes naturales contribuyen con aproximadamente 37% del total de metano emitido a la atmósfera cada año; por consiguiente, las fuentes antropogénicas representan las principales fuentes de su emisión a la atmósfera (Bonilla y Córdoba, 2011).

El óxido nitroso (N₂O) es un gas incoloro de olor ligeramente dulce y alrededor de 310 veces más efectivo que el dióxido de carbono para captar el calor en la atmósfera. Al igual que el dióxido de carbono y el metano, es emitido por fuentes naturales y antropogénicas, pero a diferencia de los dos primeros, las fuentes naturales de este gas generan aproximadamente 64% de las emisiones totales a la atmósfera (Bonilla y Córdoba, 2011).

En cuestión de la producción en toneladas de los gases de efecto invernadero, México se encuentra en el décimo segundo lugar de contribución a nivel mundial, con una emisión calculada en 467.3 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono equivalentes (MtCO₂eq) que representa 1.56 % de la contribución global y 4.4 millones de toneladas métricas de dióxido de carbono (MtCO₂eq) per cápita por habitante (CAIT, 2011).

Figura 1. Descripción de la producción en toneladas de los gases de efecto invernadero a nivel mundial.

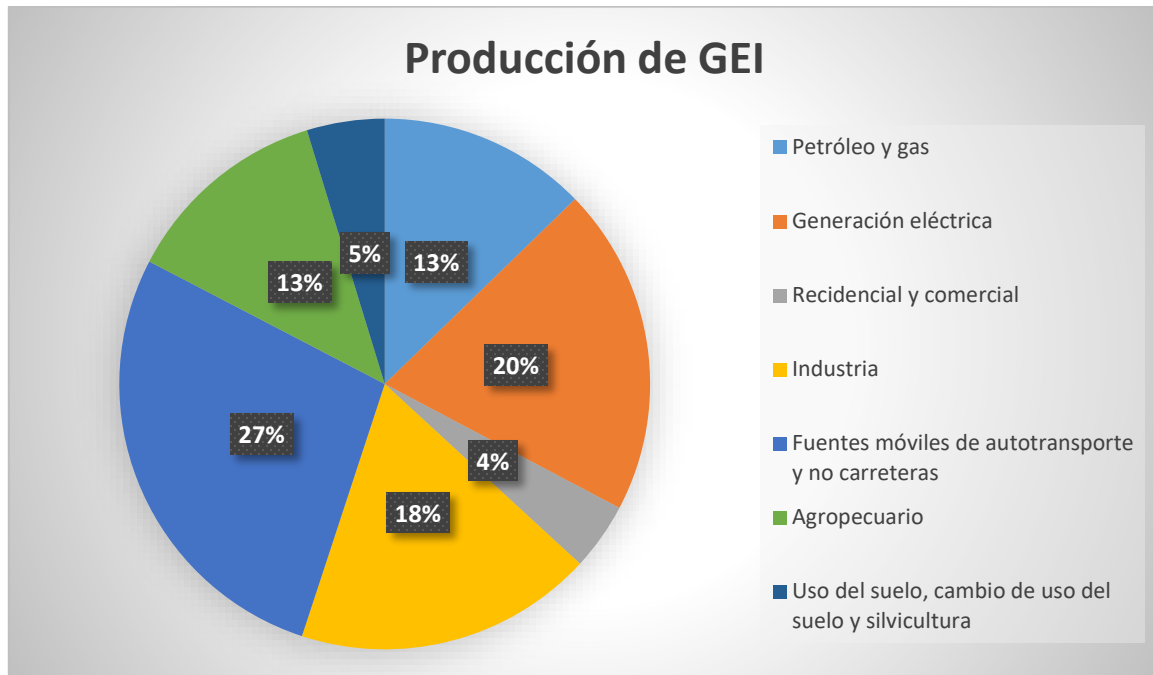


La ganadería y su responsabilidad con las Emisiones de Gases de Efecto invernadero.

La ganadería es una fuente importante de emisión de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial. Dependiendo del enfoque con el que se realice su cuantificación, se concluye que el ganado contribuye de manera directa (a través de la fermentación entérica o el estiércol) e indirecta (por las actividades desarrolladas a través de la producción de los piensos y la conversión de bosques en pastizales) a las emisiones mundiales de GEI entre el 7 y 18 por ciento (Henderson y Makkar, 2013).

El impacto de esto para la temperatura mundial equivale aproximadamente a 2 mil millones de toneladas de dióxido de carbono por año. Además de óxido nitroso, la industria ganadera produce más de 100 millones de toneladas de metano al año, lo que calienta al planeta tanto como 3 mil 500 millones de toneladas de dióxido de carbono (Isomaki, 2016).

Figura 2. Porcentajes de las producciones de GEI dependiendo el sector en México.



Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 2013.

Hablando detalladamente de las emisiones enfocadas al sector ganadero, se desglosan desde el establecimiento del mismo; refiriéndose a la deforestación, el pastoreo y la producción de piensos; esto por la fabricación y uso de fertilizantes químicos además del uso de la energía fósil y el de mayor relevancia; el ganado,



este por los gases procedentes de la rumia, los gases de manejo de residuos y la propia respiración (Bonilla y Córdoba, 2011).

El perfil de las emisiones de los gases de efecto invernadero procedentes de la producción animal es el resultado de un conjunto de procesos biológicos inherentes y variables muy complejos. Por consiguiente, resulta difícil gestionar esas emisiones inevitables, originadas por procesos biológicos. Las emisiones de metano (CH_4) provienen de la fermentación entérica en los rumiantes y del estiércol, mientras que la utilización de abonos orgánicos e inorgánicos en el suelo puede producir óxido nitroso (N_2O) (Copa-Cogeca, 2010).

El impacto y el potencial de reducción de esas dos emisiones de GEI, respectivamente 21 y 3104 veces más fuertes que las de CO_2 en términos de potencial de calentamiento, representan un gran reto para las actividades agrícolas (Copa-Cogeca, 2010).

Digestión ruminal

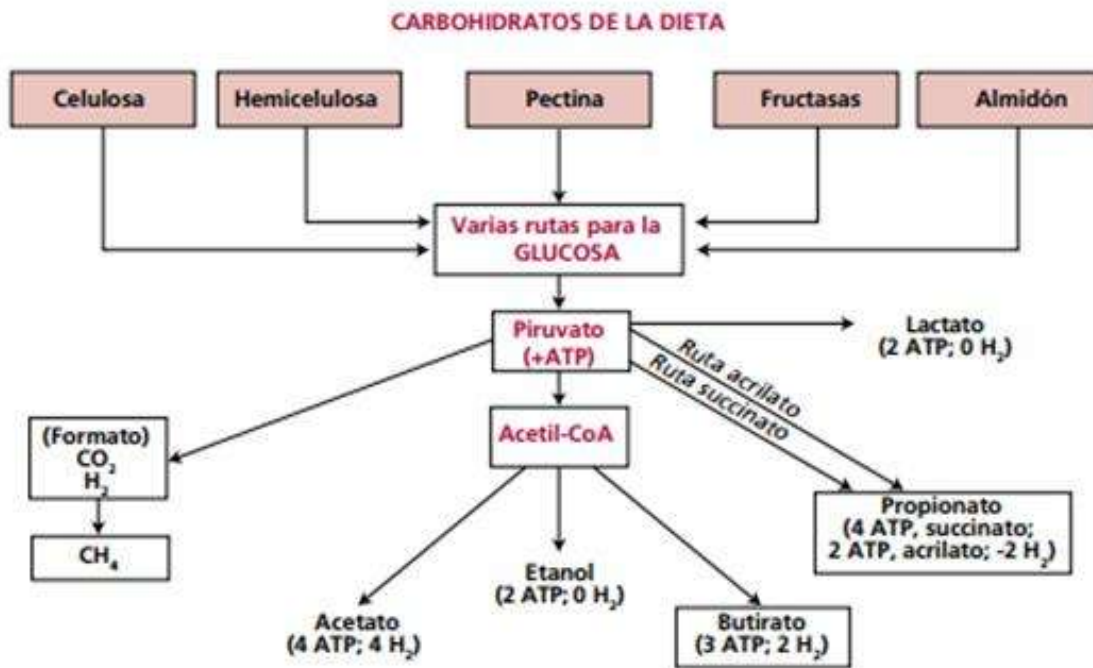
La Emisión de gases de efecto invernadero tales como: el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2) se debe gracias a la fermentación anaeróbica de los carbohidratos (celulosa, almidón, sacarosa) que están contenidos en los alimentos, además del óxido nitroso (N_2O). Esta fermentación se da en el rumen, uno de los pre-estómagos de los rumiantes; el cuál funciona como una cámara anaeróbica donde la celulosa de los pastos por medio de millones de bacterias y protozoarios da como resultado los gases ya mencionados (Vera, 2012).

Durante la fermentación ruminal, el CO_2 participa con 65% y el metano con 27% aproximadamente, aunque estén presentes otros gases, en menor proporción, además se genera calor y los ácidos grasos volátiles (AGV), acético (vinagre), propiónico y butírico. También la fermentación de aminoácidos generados en el rumen produce ácidos, llamados iso-ácidos.



La energía y los iso-ácidos producidos durante la fermentación son utilizados por las bacterias para crecer (es decir, principalmente para sintetizar proteína). El CO₂ y CH₄ son eructados y la energía todavía presente en el CH₄ se pierde (Ureña, 2014).

Figura 3. Metabolismo de los carbohidratos en el rumen.



Fuente: simplificado de Van Soest, 1994 y Russell and Wallace, 1997.



Efectos de la dieta en la digestión ruminal.

La emisión de gases de efecto invernadero por parte de los rumiantes, en especial de los ovinos es el equivalente a 8 kilogramos por año y, según expertos indican que este varía si el animal se encuentra estabulado o en pastoreo. No existe una ecuación que permita reducir simplemente la emisión de los gases, ya que hay que medir la emisión por animal, por capacidad de producción de leche o carne o por los recursos alimentarios que requiere cada ejemplar (OEI, 2011).

En cuestión de los recursos alimentarios, las diferencias son máximas entre dietas forrajeras y dietas ricas en concentrado. Las dietas forrajeras favorecen el establecimiento de una flora fibrolítica, donde predominan bacterias del genero *Butyrivibrio* spp. Mientras que, en dietas concentradas con bajos niveles de fibra, la concentración bacteriana es mayor, con poblaciones amilolíticas donde predominan bacterias del tipo *selenomonas*, *peptostreptococci* y *lactobacilli*. Estas dietas suelen tener altas velocidades de digestión y de producción de ácidos, por lo que, el medio se acidifica y se reducen las poblaciones celulolíticas y metanogénicas que son más sensibles al pH ácido (Bonilla, 2012).

Medición de Gases de Efecto Invernadero.

Esto se realiza con el objetivo de medir la cantidad de gases de efecto invernadero que se emiten directamente o indirectamente a la atmósfera cada vez que se realiza una acción determinada. Una de estas acciones es la Huella de Carbono de Producto, este se realiza a un producto o servicio y consiste en medir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) desde la obtención de la materia prima hasta su manufacturación y transporte. Esta es la medida del impacto que provocan las actividades del ser humano en el medio ambiente (Energía, 2016).

Otra de las formas por las cuales se tiene un control de la medición de los gases de efecto invernadero es por medio del inventario nacional de emisiones de gases y



compuestos de efecto invernadero; este contiene la estimación de las emisiones antropogénicas de gases y compuestos de efecto invernadero y de la absorción por los sumideros. Este inventario se basa más los gases que son producidos por la mano del hombre, como la quema de combustibles (INECC, 2017).

También existen programas o equipos especializados en la medición de estos gases, pero son empleados generalmente a nivel industrial o empresarial, no son aptos a nivel de la ganadería; por lo cual se tienen que buscar otras alternativas para poder contabilizar estos gases.

Técnicas de medición de Gases de Efecto Invernadero.

De las técnicas más ampliamente utilizadas para la medición de gases la del método de la cámara; esta consiste en utilizar analizadores portátiles de FTIR para estudiar las emisiones de GEI y la cuál obtiene resultados cuantificados; se considera una técnica confiable gracias a que hace la medición de los gases “conocidos”, además de un estudio de 25 gases complementarios (AyT, 2014).

Una de las más reconocidas es la Telemetría; la cual consiste en la utilización de una microfístula, por donde se hace la recolección de los gases ruminales y mediante los datos obtenidos se realizan las curvas de producción. Esta es una de las técnicas que se basa en la utilización de la tecnología y esta su vez implementada en los animales (Berra *et al.*, 2010)

Las técnicas ya mencionadas son llamadas *in situ*, lo cual significa que son hechos observados en el lugar; en cambio, cuando hablamos de *in vitro* hace relevancia a algo dentro de un vidrio; siendo esta la técnica de producción de gas más implementada, ya que es de fácil utilización y da resultados confiables.

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). 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 (Posada y Noguera, 2005).

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. 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 (Lara *et al.*, 2009).

Para medir la producción mediante la técnica de producción de gas *in vitro* se han usado diferentes aproximaciones: la primera a presión atmosférica constante, a volumen fijo y una combinación de las anteriores mediante la medición del incremento de volumen necesario para causar un cambio definido de presión. Los métodos manométricos iniciales y sus modificaciones son ejemplos de la primera aproximación, midiendo la cantidad de agua desplazada debido a la acumulación de gas (Bruni y Chilibroste, 2001).

La sensibilidad de la jeringa utilizada para la medición en estas técnicas es baja. Los métodos manométricos fueron superados por el desarrollo de transductores de presión a pequeña escala con el cual es posible monitorear la producción de gas manualmente. Los transductores de presión ofrecen una vía sencilla y precisa de medir la producción de gas (Castañeda *et al.*, 2010).

Una de las ventajas de este procedimiento es que el curso de la fermentación y el papel de los componentes solubles del sustrato pueden ser cuantificados. Un 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 (Posada y Noguera, 2005).



Estrategias para la mitigación de Gases de Efecto Invernadero.

Se necesitan fomentar las opciones de mitigación para generar beneficios medioambientales múltiples a la hora de considerar las maneras en las que el sector puede reducir su impacto sobre el cambio climático. Existen diferentes opciones en lo que se refiere a la mitigación de los GEI, enfocadas a diferentes ámbitos de la ganadería, una de ellas son las derivadas de los sistemas de producción y las derivadas de la gestión animal (Berra *et al.*, 2010).

Las derivadas del sistema de producción se refieren a Las praderas y los pastizales permanentes (a menudo situados en zonas marginales donde no es posible producir cultivos herbáceos) tienen un elevado potencial de sumidero gracias a la vegetación perenne y arbustiva y la secuestación del carbono en el suelo. También se dice que el ganado criado en pastizales contribuye no sólo al desarrollo de las actividades económicas, el empleo y el tejido social en el seno de las comunidades locales sino también al mantenimiento de la biodiversidad (CAIT, 2011).

La restauración de las turberas y de los humedales puede contribuir a reducir las emisiones de GEI y aumentar la secuestación del carbono. Los árboles y los setos en los pastizales son muy importantes ya que ofrecen refugio y sombra y actúan como rompe vientos contra la erosión (AyT, 2014).

Las derivadas de la gestión animal comprenden a la mejora de la productividad de los animales de explotación, ya que esto fomentará la reducción de las emisiones por unidad producida. También los cambios en la dieta de los rumiantes utilizando, por ejemplo, aditivos en los piensos como aceites específicos, taninos y otras sustancias (del 5-10%), o a través de una mejor selección de variedades de forrajes, pueden reducir la producción de metano. Aunque teóricamente hablando es posible reducir las emisiones, habrá siempre limitaciones fisiológicas. Además, se debería siempre preservar el bienestar y la salud de los animales (CEC, 2012).



Hablando de la opción más viable y que se tengan resultados en el menor periodo de tiempo, hablaríamos de los posibles aditivos, ya que a diferencia de las demás opciones, estos no tienen un costo elevado y la manera en la que son implementados no muestra ninguna complicación, además de que los resultados; si bien no son en automático son de los que más rápido sabemos si funciona o no (Vera, 2012).

Uso del bicarbonato de sodio en la dieta de los rumiantes.

El bicarbonato de sodio es una sal química sólida granular de color blanco, completamente soluble en agua, prácticamente insoluble en alcohol. Cuando se calienta en seco o en solución, cambia gradualmente a Carbonato de sodio. Se obtiene a partir de la reacción entre el Carbonato de sodio (Na_2CO_3) y el Dióxido de Carbono (CO_2). El Carbonato de Sodio es obtenido por medio del proceso SOLVAY y el CO_2 por medio de un proceso de purificación (Fito, 2010).

También llamado bicarbonato sódico o hidrogenocarbonato de sodio; es un compuesto sólido cristalino de color blanco soluble en agua, con un ligero sabor alcalino parecido al del carbonato sódico, de fórmula NaHCO_3 . Se puede encontrar como mineral en la naturaleza o se puede producir artificialmente (Sarah, 2002).

El bicarbonato de sodio puede actuar como tampón de los ácidos orgánicos que se producen en el rumen a partir de alimentos que fermentan rápidamente, y, por lo tanto, esta sal se ha usado como aditivo dietético para atenuar la acidosis ruminal en rumiantes alimentados con dietas altas en concentrado. El bicarbonato de sodio es considerado inocuo para los animales, y seguro para el consumidor de la carne y leche de estos animales (Ureña, 2014).

La respuesta animal a la alimentación con bicarbonato de sodio parece depender de varios factores tales como las características animales, el sistema de alimentación, o la inclusión de otros aditivos en la dieta.



HIPÓTESIS.

La adición de bicarbonato de sodio en la alimentación de los ovinos, disminuye la emisión de gases de efecto invernadero.

OBJETIVO:

Evaluar el efecto de la adición de bicarbonato de sodio en la alimentación de los ovinos para mitigar la producción de gases de efecto invernadero.



MATERIAL Y MÉTODOS.

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. La región cuenta con características fisiográficas tales como: clima templado con lluvias en verano, precipitación pluvial anual de 609.0 mm, altitud entre 1900 y 2400 msnm; al igual que una temperatura anual que oscila entre 2.5 a 25.1 °C (INAFED, 2016).

El método experimental se realizó con dos ovinos adultos, lo cuáles son los donadores del líquido ruminal, mismos que son alimentados con una dieta basada en silo de maíz, rastrojo, salvado y melaza, alimentación ad libitum con acceso libre de agua. El líquido ruminal (1lt) se extrajo por medio de una sonda oro-ruminal con bomba al vacío.

Se realizaron las soluciones correspondientes:

- Para la 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 macrominerales (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 microminerales (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 un frasco ámbar etiquetado.

Se utilizaron frascos de 125 ml de vidrio, en los cuales se depositaron el 10% del líquido ruminal extraído, 90% de: solución buffer, solución de macrominerales y solución de microminerales; donde se añade resazulina y L- cisteína; a lo cual se pesarán 0.800 mg de alimento total, esto se incubó en el baño de inmersión a 39°C, se agrega una muestra de bicarbonato, se dejó incubando a una temperatura de 39°C durante 92 hrs y se realizó la medición cada 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60, 72 y 96 horas con un transductor de presión.

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

RESULTADOS.

Tabla 1. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 10% de bicarbonato de sodio.

Muestra con bicarbonato 10%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
Rastrojo más bicarbonato	0.54	0.44	0.88	0.18	7.22	1.26	0.80	0.67	0.39	5.06
Salvado más bicarbonato	0.86	0.31	0.26	0.49	2.34	2.76	0.47	2.36	2.45	2.07



Tabla 2. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 15% de bicarbonato de sodio.

Muestra con bicarbonato 15%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
Rastrojo más bicarbonato	0.59	0.50	0.49	0.21	0.21	0.23	0.23	5.20	5.06	0.23
Salvado más bicarbonato	0.29	0.60	0.59	0.78	0.44	2.17	2.63	2.77	1.22	5.00

Tabla 3. Diferentes mediciones en comparación de las dietas administradas adicionando 20% de bicarbonato de sodio.

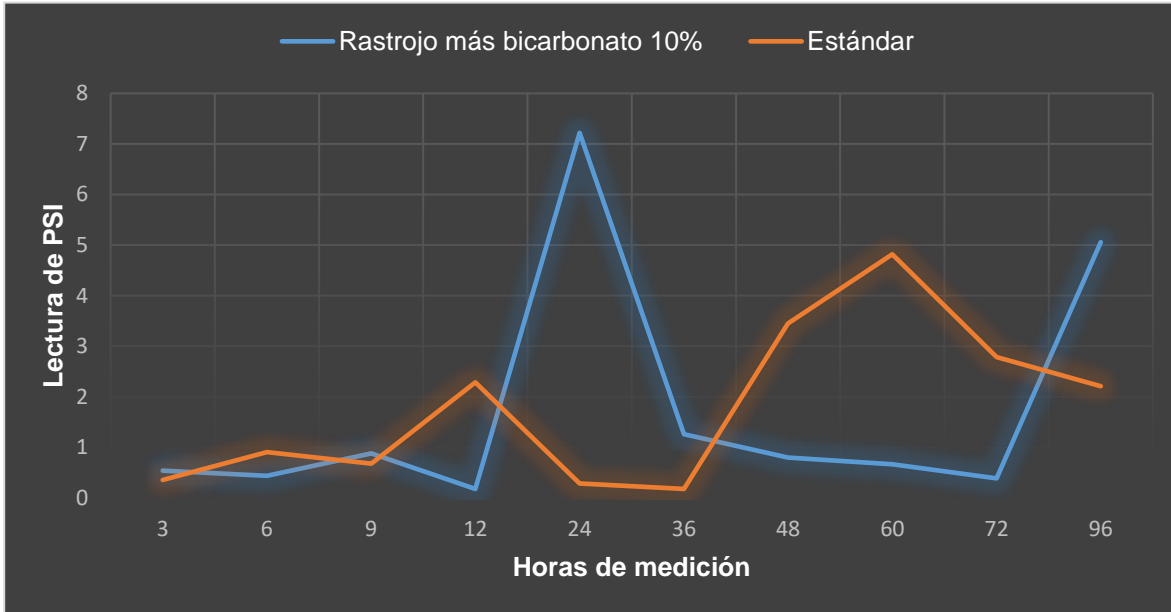
Muestra con bicarbonato 20%	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
Rastrojo más bicarbonato	0.94	0.52	0.50	1.09	0.47	2.27	1.16	5.41	3.45	2.36
Salvado más bicarbonato	0.67	0.42	1.14	0.76	3.69	0.31	1.44	4.62	2.53	2.81

Tabla 4. Mediciones de producción de gas, sólo tomando de referencia al alimento.

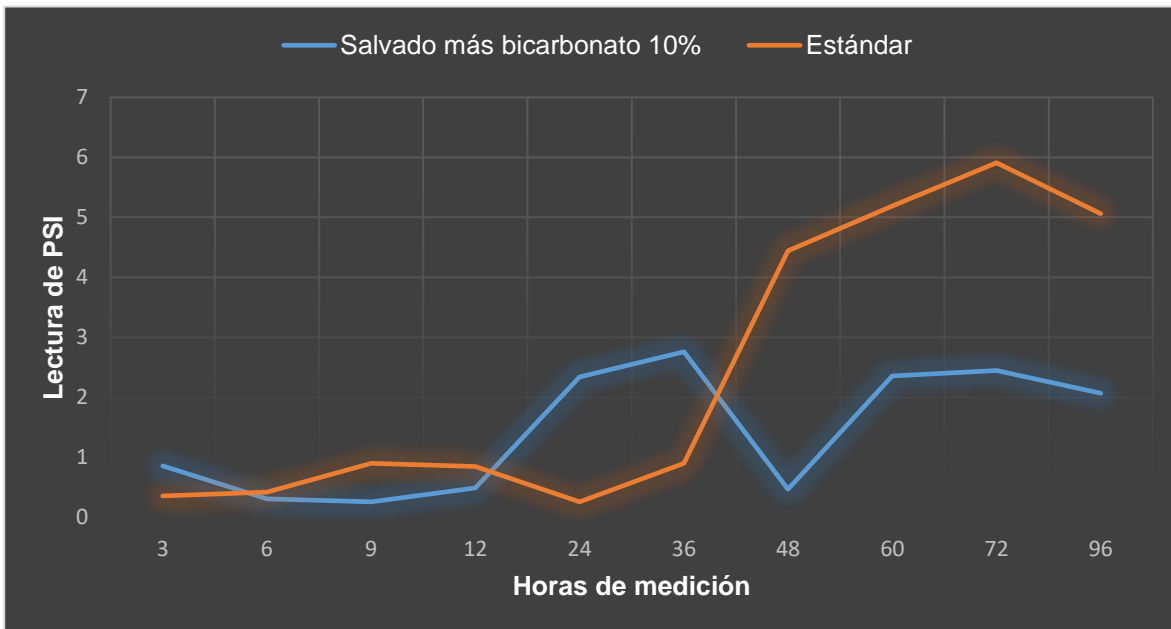
Estándar	3	6	9	12	24	36	48	60	72	96
Rastrojo	0.36	0.91	0.68	2.29	0.29	0.18	3.45	4.82	2.79	2.21
Salvado	0.36	0.42	0.90	0.85	0.26	0.90	4.44	5.19	5.91	5.06



GRÁFICA 1. Comparación de producción entre la muestra estándar y el rastrojo más el bicarbonato 10%.

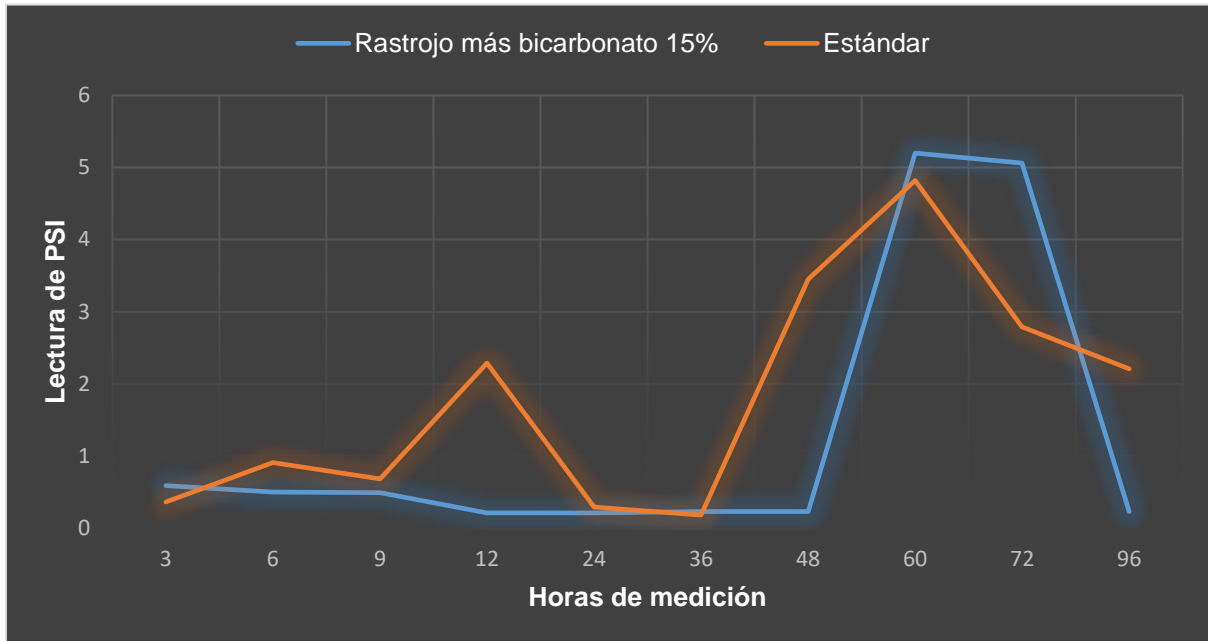


GRÁFICA 2. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más el bicarbonato 10%.

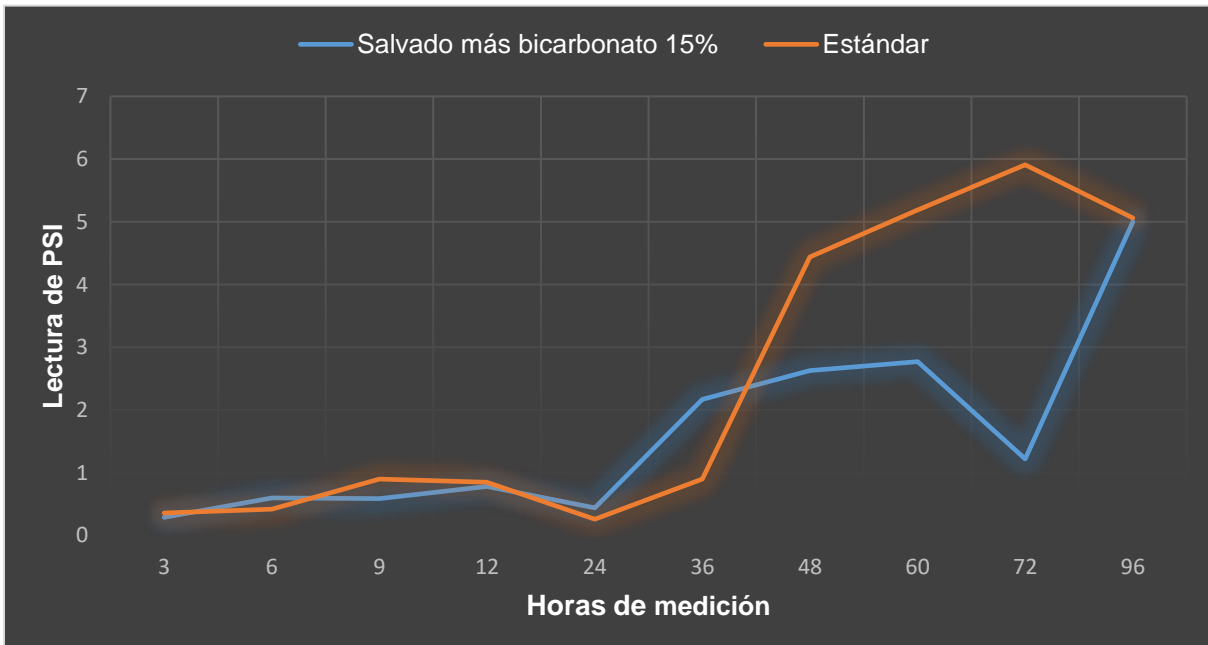




GRÁFICA 3. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el rastrojo más el bicarbonato 15%.

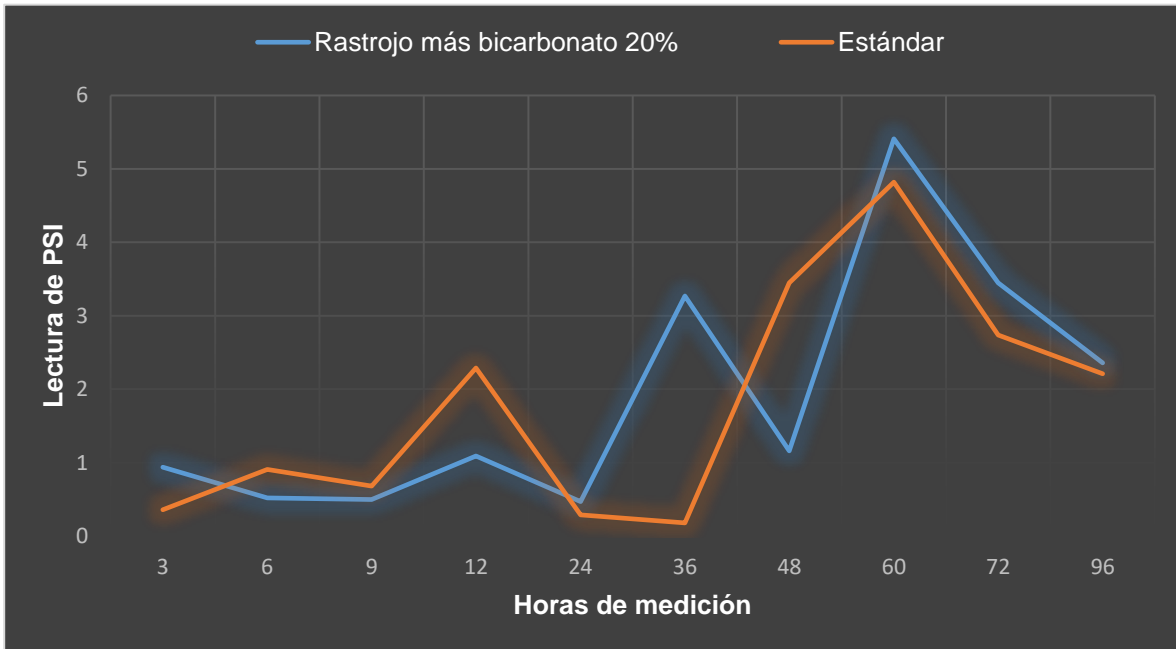


GRÁFICA 4. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más el bicarbonato 15%.

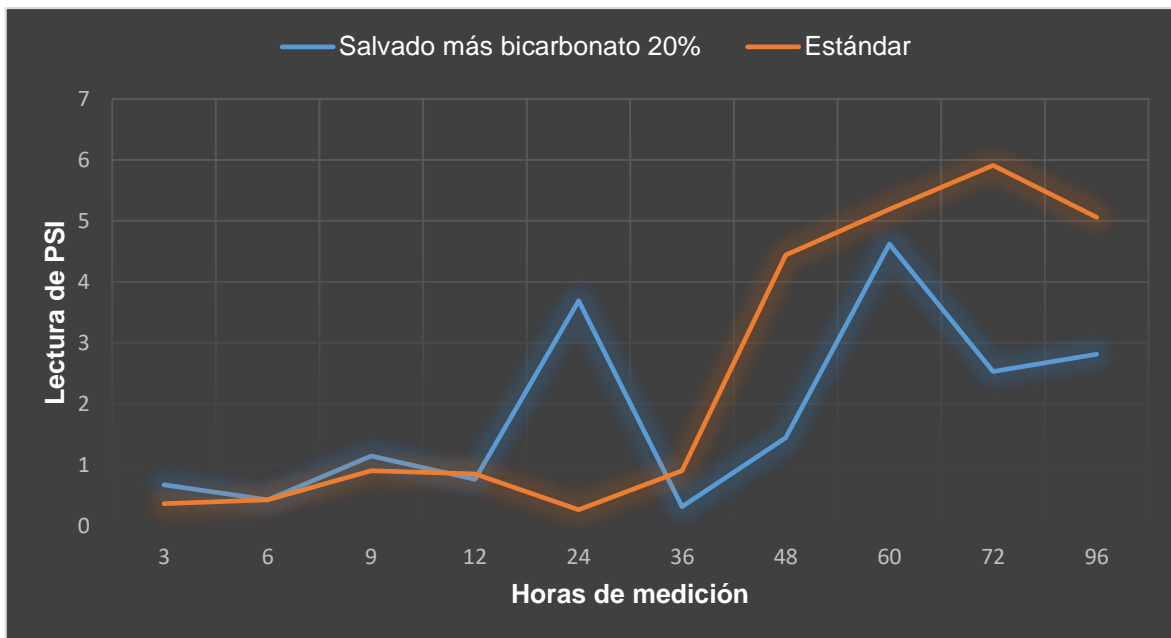




GRÁFICA 5. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el rastrojo más bicarbonato 20%.

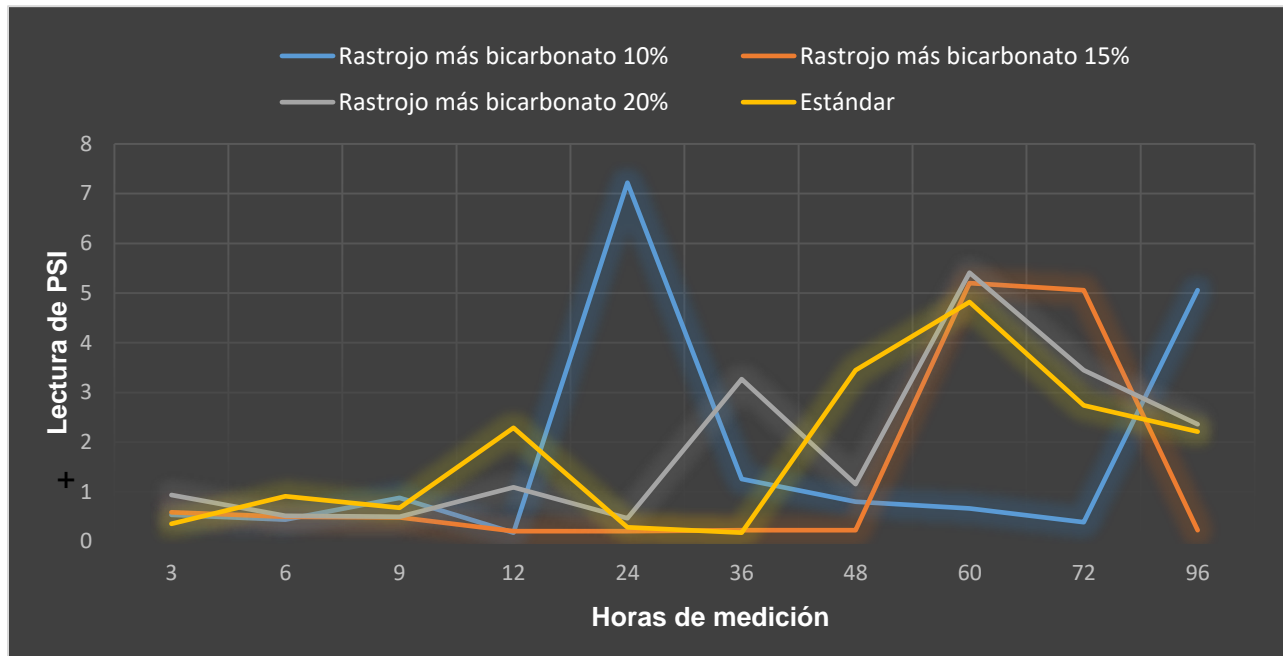


GRÁFICA 6. Comparación de producción de gas entre la muestra estándar y el salvado más bicarbonato 20%.

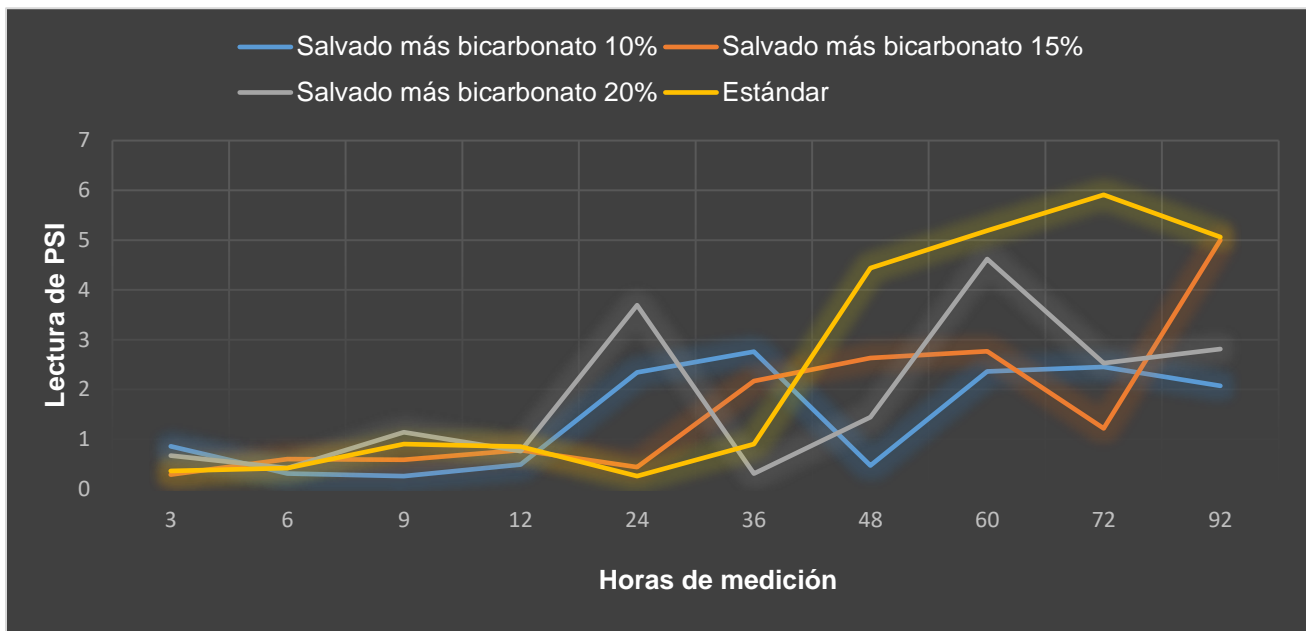




GRÁFICA 7. Comparación de los niveles de inclusión del bicarbonato más la muestra y la muestra estándar.



GRÁFICA 8. Comparación de los niveles de inclusión del bicarbonato más la muestra y la muestra estándar.





DISCUSIÓN

La concentración del bicarbonato al 15% muestra una disminución significativa en comparación con la producción sin el aditivo (0.23 vs 2.21), esto indicando que es a la dieta suministrada con rastrojo; lo cual es todo lo contrario cuando se observan los resultados de la dieta basada en salvado, en los cuáles se ve favorecida la mitigación de gases de efecto invernadero con una inclusión del 10% (2.07 vs 5.06).

Bonilla (2012), recomienda el bicarbonato de sodio en la alimentación diaria de los rumiantes, esto porque ayuda la disminución del pH, lo cual hace que los niveles de acidez sean más bajos, además de su bajo costo. Según (Sarah, 2002), la utilización del bicarbonato de sodio se refuerza en la dieta de los ovinos, pero con un enfoque diferente; el de aumento de peso; viendo resultados favorecedores con dosis muy bajas.

El bicarbonato mezclado con diferentes tipos de forrajes, hace que la fermentación de los mismos sea menor, tal como lo menciona Lara (2002), con lo cual se deduce que hay una menor producción de gases de efecto invernadero. Pierre (2013), menciona que el bicarbonato actúa también como un tampón en el rumen y que utilizándolo de la manera correcta y en dosis adecuadas se tendría un mayor aprovechamiento del mismo.

En sí no se cuentan con antecedentes en los cuales se mencione al bicarbonato como una opción de mitigador de gases de efecto invernadero, si no que se le da otros usos, los cuales son favorecedores al animal como al productor; siendo a este último de manera monetaria.



CONCLUSIÓN

Se concluye que el bicarbonato de sodio contribuye a la mitigación de gases de efecto invernadero, con un nivel de inclusión del 15% a la dieta de los ovinos basada en rastrojo.

En lo correspondiente a la dieta basada en salvado, se obtuvieron resultados favorables cuando el nivel de inclusión de bicarbonato de sodio es de 10%.

En las dos dietas, utilizando un nivel de inclusión del 20% la producción de gas es similar o igual a la producción obtenida con la dieta sin el aditivo.



BIBLIOGRAFÍA.

AyT, 2014. Ambiente y Tecnología. [En línea]
Available at: <http://www.ayt.cl/es/ayt-actualidad/articulos-tecnicos/291-mediciones-de-gases-de-efecto-invernadero-con-analizadores-de-espectroscopia-infrarroja-con-transformada-de-fourier>

Benavides, 2007. IDEAM. [En línea]. Available at:
<http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd>

Berra, G., Bualó, R., Finster, L. y Valtorta, G. Z. y. S. 2010. Uso de la telemetría para medir la producción de gas en el rumen. FAVE- Ciencias Veterinarias, 1(9), p. 55.

Bonilla, J. A. y Flores, C. L., 2012. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. [En línea]
Available at: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000200006

Bonilla, L. C. 2011. Consejo agropecuario centroamericano. [En línea]
Available at:
file:///C:/Users/Dieguito/Desktop/bedolla/ARTICULOS%20GANADERIA%20Y%20CAMBIO%20CLIMATICO/4.Cambio_climatico_y_la_ganaderia.pdf7

Bruni, M. d. I. A. y Chilbroste, P. 2001. Departamento de producción animal y pasturas. [En línea] Available at:
<http://www.spluy.com/documentos/articulos/alimentacion/14.pdf>

CAIT, 2011. Análisis de indicadores del clima. [En línea]
Available at: <http://ecolife.co/index.php/ecotendencias/137-total-de-emisionesde-gases-efecto-invernadero-en-el-mundo#sthash.sW6iRPHs.dpu>,



Castañeda, M. V., Mayo, M. M., Romero, L. A. M. y Corral, O. L. 2010. Producción de gas in vitro y desaparición de la marteria seca del cultivo sólido con hongos ligninolíticos. *Agrociencia*, 44(8), pp. 917-929.

CEC. 2012. Emisiones atmosféricas de las centrales de América del norte. [En línea] Available at: <http://www2.cec.org/site/PPE/es/emisiones-de-contaminantes/gases-de-efecto-invernadero-0>

CEC. 2012. Emisiones de contaminantes. [En línea]

Copa-Cogeca, 2010. La ganadería y el cambio climático. Europa: s.n.

Correa, C. S. 2015. Centro de estudios sociales y de opinión pública. [En línea] Available at: [file:///C:/Users/Dieguito/Downloads/Carpeta-39-Energia-y-emisiones%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Dieguito/Downloads/Carpeta-39-Energia-y-emisiones%20(1).pdf)

Energía, M. d. 2016. Inventario de emisiones de GEI para PyMEs. [En línea] Available at: <http://huelladecarbono.minenergia.cl/formas-de-medir-las-emisiones-gei>

EPA. 2014. Convención sobre el cambio climático. [En línea] Available at: <http://www.tuimpacto.org/principales-gases-de-efecto-invernadero.php>

Fito, D. 2010. El bicarbonato sódico como aditivo insustituible en dietas de alta producción. [En línea] Available at: <http://albeitar.portalveterinaria.com/noticia/5496/articulos-nutricion-archivo/el-bicarbonato-sodico-como-aditivo-insustituible-en-dietas-de-alta-produccion.html>

Henderson, B. y Makkar, H. P. 2013. *FAO Producción y Sanidad Animal*. Roma: FAO.

INAFED, 2016. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de Michoacán.

[En línea] Available at: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16088a.html>].



INECC. 2017. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

Isomaki, R. 2016. Voltarienet. [En línea]
Available at: <http://www.voltairenet.org/article192950.html>

Lara, P., Caché, M. C., Magaña, H. y Sanginés, E. A. y. J. R. 2009. Producción de gas in vitro y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*morus alba*) mezclada con maíz. *Revista cubana de ciencia agrícola*, 43(3), pp. 273-279.

OEI. 2011. Divulgación y cultura científica iberoamericana. [En línea]
Available at: http://www.oei.es/historico/divulgacioncientifica/noticias_049.htm

ONU. 2016. Naciones Unidas. [En línea]
Available at: <http://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>

Pierre. 2013. Mitigación de la emisiones de gases de efecto invernadero en la producción ganadera. Roma: FAO.

Posada, S. L. y Noguera, R. R., 2005. Técnica in vitro de producción de gases: Una herramienta para la evaluación de alimentos para rumiantes. Colombia: s.n.

Sarah, J. 2002. The effect of consumption of foods that differ in energy density and/or sodium bicarbonate supplementation on subsequent diet selection in sheep, UK: *British Journal of Nutrition*.

Ureña, F. 2014. *Zootecnia y gestión*. Córdoba, España: s.n.

Vera, J. C. K. 2012. Conacyt. [En línea]

Available at: <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/259/articulos/emisiones-de-metano.html>