

Universidad Autónoma de Sinaloa
Colegio en Ciencias Agropecuarias
Maestría en Ciencias Agropecuarias



TESIS:

“Influencia de la adición de extractos de taninos a la dieta en la producción de gas en las heces de bovinos en engorda”

Que para obtener el grado de
Maestra en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA:

Eva Xitlalic Murillo Ayala

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Rubén Barajas Cruz

CO- DIRECTOR

Dr. Javier Alonso Romo Rubio

ASESORA

Dra. Idalia Enríquez Verdugo

Culiacán Rosales, Sinaloa México. Agosto de 2015

ESTA TESIS FUE REALIZADA POR **EVA XITLALIC MURILLO AYALA**. BAJO LA DIRECCIÓN DEL CONSEJO PARTICULAR QUE SE INDICA, Y HA SIDO APROBADA POR EL MISMO, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR DE TESIS

DR. RUBÉN BARAJAS CRUZ

CO-DIRECTOR DE TESIS

DR. JAVIER ALONSO ROMO RUBIO

ASESORA

DRA. IDALIA ENRÍQUEZ VERDUGO

CULIACÁN, SINALOA A AGOSTO DE 2015

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mi madre Eva Luz Ayala Olivas, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella que veo sus virtudes infinitas y que eso me lleva a admirarla cada día más.

A mi padre Jesús Manuel Murillo Samaniego, a mis hermanos Uriel Eduardo Gastelum Ayala, Alma Zulema Murillo Ayala y José Daniel Murillo Ayala, que me han ofrecido su amor y su apoyo incondicional.

A mi mejor amiga Melissa Belem Corona Palazuelos, quien ha sido sumamente importante en mi vida profesional y personal, por estar a mi lado durante 7 años de mi vida, en los momentos y situaciones más difíciles y más hermosos durante todo este tiempo, siempre ayudándome y aconsejándome.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a CONACYT por su apoyo económico durante mis estudios de maestría.

Agradezco a La Ganadera Los Migueles por permitirme realizar parte de mis experimentos dentro de su unidad experimental.

Agradezco a mi asesor de tesis, Dr. Rubén Barajas Cruz, por su amistad, su esfuerzo, dedicación, conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales para mi formación como investigador.

Agradezco a M.C. Ernesto Alonso Velázquez Elenes, por su apoyo incondicional en el trabajo de laboratorio por su amistad y sus consejos.

Agradezco al grupo de investigación Dr. Rubén Barajas, M.C. Teresa Heras, M.C. Diego Jiménez, M.V.Z. Melissa Corona e Ing. Luis Soto, por su apoyo y consejos durante el trabajo de investigación de tesis de maestría.

Agradezco a mi madre Eva Luz Ayala Olivas por haber sido mi pilar de apoyo en todo momento, por sus enseñanzas de vida y por su excelente manera de instruirme para afrontar los problemas de vida.

Agradezco a todas las personas que intercedieron y se involucraron para la culminación de mis estudios de Maestría en Ciencias Agropecuarias. A todos los maestros, compañeros, familia y entre otros que me brindaron su apoyo y conocimientos tanto en el área académica y en lo personal.

CONTENIDO	PÁGINA
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
...	iv
ABSTRACT.....	
.	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
.	
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	2
2.1 Impacto ambiental.....	2
2.2 Producción de gas	3
2.3 Generalidades metabólicas a nivel ruminal.....	4
2.4 Población microbiana en rumen.....	4
2.5 Efecto de la dieta en producción de gases.....	5
2.6 Taninos	
2.6.1 Generalidades.....	6
2.6.2 Taninos hidrolizables.....	7
2.6.3 Taninos condensados.....	8
2.6.4 Efecto de taninos en nutrición y producción de gas.....	8
III. HIPÓTESIS.....	1
	1
IV. OBJETIVO.....	1
	2

4.1 General.....	1
	2
4.2 Particulares.....	1
	2
V. MATERIALES Y METODOS.....	1
	3
5.1 Estandarización de la técnica de Producción de Gas.....	1
	3
5.2 Experimento.....	1
	6
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	2
	0
6.1 Estandarización de la técnica de producción de gas.....	2
	0
6.2 Experimento.....	2
	3
VII CONCLUSIÓN.....	2
	6
VIII LITERATURA CITADA.....	2
	7

ÍNDICE DE CUADROS

CUADR	TITULO	PÁGIN
O		A
1	Composición de las dietas utilizadas en el experimento.....	16
2		
	Influencia del tipo de dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en	21
3	engorda.....	
	Influencia de la adición de extracto de tanino a la dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en pre-engorda.....	24
	...	

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	TÍTULO	PÁGINA
1	Descripción gráfica de la influencia de la dieta de finalización vs. ensilado, en la producción de gas/g MS a diferentes tiempos de incubación.....	22

RESUMEN

Influencia de la Adición de Extractos de Taninos a la Dieta en la Producción de Gas en las Heces de Bovinos en Engorda

Eva Xitlalic Murillo Ayala

Se utilizaron 30 bovinos Brahman (220 ± 6 kg) en engorda para determinar la influencia de la adición de extracto de taninos a la dieta en la producción de gas en las heces de los bovinos en engorda. Los animales se alojaron en grupos de cinco, en seis corraletas (6 x 12 m). De acuerdo con un diseño completamente aleatorizado fueron asignados a consumir durante 28 días uno de tres tratamientos: 1) Dieta de crecimiento (70:30 forraje:concentrado) sin la adición de extracto de taninos (Testigo); 2) Testigo más la adición de 0.6% (base seca) extracto de taninos condensados (TC); y 3) testigo más la adición de 0.6% (base seca) de extracto de taninos hidrolizables (TH). Después de 28 días de recibir los tratamientos se tomaron muestras de heces individualmente, fueron incubadas durante 24 h y la producción de gas se contabilizó como la cantidad de agua desplazada por el gas dentro de cada probeta expresada en mL. Los resultados del experimento, fueron analizados por Análisis de Varianza para un diseño completamente al azar. No se encontró diferencia en la producción de gas *in vitro* ($P > 0.50$) por la adición de extractos de taninos a la dieta. Se concluye que la adición de extractos de taninos a la dieta no modifica la producción de gas en las heces de los bovinos en engorda.

Palabras clave: bovinos en engorda, heces, taninos

ABSTRACT

Influence tannins extract addition to the Diet in Gas Production in the feces of feedlot cattle

Eva Xitlalic Murillo Ayala

Thirty Brahman feedlot cattle (220 ± 6 kg) were used to determine the influence of tannin extract addition to the diet on gas production from the feces of feedlot cattle. In groups of five, the animals were housed in six pens (6 x 12 m). According to a completely randomized design they were assigned to consume for 28 days one of three treatments 1) A growing diet (70:30 roughage:concentrate) without tannins extract addition (Control); 2) Control plus 0.6% (DM basis) of condensed tannins extract (CT); and 3) Control plus 0.6% (DM basis) of hydrolysable tannins extract (TH). After 28 days receiving treatment, feces samples were taken individually, and incubated during 24 hours, and gas production was accounted as the amount of water displaced by gas inside of each probet and was expressed as mL. The results of the experiment were analyzed by analysis of variance for a completely randomized design. No difference was found on *in vitro* gas production ($P > 0.50$) by adding tannins extract to the diet. It is concluded that the addition of tannins extract to the diet does not alter the gas production from the feces of feedlot cattle

Keywords: feedlot cattle, feces, tannins

I. INTRODUCCIÓN

El aumento en el tamaño de las explotaciones de bovinos en confinamiento y el manejo de las excretas producidas en ellas se relaciona cada vez más con el impacto al medioambiente, en este sentido la reducción en la emisión de sólidos, líquidos y gases son factores que presionan a la ganadería intensiva (Archibeque *et al.*, 2006); los gases que se producen por la volatilización de sustancias orgánicas contenidas en las heces contribuyen a la diseminación de olores indeseables en el ambiente (Varel y Miller, 2000). Una alternativa para disminuir la cantidad de gases producidos por las heces de los bovinos en engorda, es el uso de extractos de taninos (ET). En experimentos *in vitro*, la adición de extracto de taninos modifica la fermentación de microorganismos ruminales y disminuye la producción de gas (Bernal *et al.*, 2008; Lascano y Cárdenas, 2010). La modificación en la producción de gas se atribuye a que los taninos se unen a proteínas de la membrana celular de las bacterias ruminales, cambian su estructura, función, e inhiben su capacidad de unirse a las partículas de alimento y la fermentación de sus nutrientes (Cárdenas, 2012). Existe poca información del efecto de los extracto de taninos en la producción de gas en las heces de bovinos en engorda. Murillo (2013), reporta la disminución de la producción de gas en las heces de bovinos de engorda, al adicionar 2% (BH) de extracto de taninos directamente a las heces. Sin embargo no se encuentra en literatura información relacionada con la producción de gas de las heces de los bovinos en engorda cuando se les ofrece extractos de taninos directamente a la dieta. El objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la adición de extractos de taninos a la dieta en la producción de gas en las heces de bovinos en engorda.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Impacto ambiental

La producción pecuaria es considerada como una de las causas que contribuyen a los problemas ambientales en el mundo, así como el calentamiento global, la degradación de las tierras, la contaminación del aire y del agua, por consecuencia la pérdida de biodiversidad (Santacoloma, 2011). Con el aumento en el tamaño de las explotaciones pecuarias y su cercanía cada vez mayor a los centros de población, los problemas relacionados con la contaminación ambiental se vuelven de atención prioritaria (Adeola, 1999; McAllister y Newbold, 2008), este fenómeno de intensificación de los sistemas productivos es creciente debido a que la demanda mundial de carne y leche cada vez es más alta debido al crecimiento de población y auge del comercio internacional (Santacoloma, 2011). El manejo de las excretas de las explotaciones de bovinos en confinamiento, se relaciona con el impacto al medio ambiente, en este sentido la emisión de sólidos, líquidos y olores son factores que presionan a la ganadería intensiva; los olores son producidos por las sustancias orgánicas que se volatilizan en forma de gas y de esta manera se difunden en el ambiente (Archibeque *et al.*, 2006). Existen diversas actividades dentro de la industria agropecuaria, que contribuyen ampliamente al calentamiento global, entre ellas la emisión de gases en la excretas (Bernal y Suárez, 2011), como el metano (CH₄), dióxido de carbono (CO₂) y óxido nitroso (N₂O) a la atmósfera (Carmona *et al.*, 2005; Montenegro y Abarca, 2002).

En consecuencia, el aumento de las concentraciones de los gases antes mencionados, provocan el calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono (Carmona *et al.*, 2005; Primavesi *et al.*, 2004). Los rumiantes contribuyen significativamente a la liberación de altas cantidades de gases a la atmósfera como el gas carbónico y el metano (Santacoloma, 2011), resultado del sistema digestivo bovino, que tiene la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso con altos contenidos de celulosa en alimentos de alta calidad nutritiva como la carne y leche; sin embargo estas características del sistema digestivo también

produce gases, como producto natural de la degradación de carbohidratos en el proceso digestivo a nivel de rumen, por lo que la emisión de estos gases representa energía alimenticia que se pierde en forma de gas, y que no es aprovechada para producir leche o carne (Montenegro y Abarca, 2002). La ganadería bovina en el mundo, muestra una gran importancia económica y social en contraste con los efectos ambientales que generan estos sistemas productivos, el crecimiento de la producción y de la población animal ejercerá cada vez mayor presión sobre los recursos naturales y medio ambiente en los cuales se sustenta (Santacoloma, 2011).

Es necesario plantear alternativas de manejo que favorezcan la reducción de la emisión de gases, producto de la actividad agropecuaria, para garantizar un mejor cuidado del medio ambiente y una mejora en la producción pecuaria (Bernal y Suárez, 2011). Algunas estrategias para reducir la emisión de gases en bovinos son: mejorar la producción teniendo menos animales por hectárea (Montenegro y Abarca, 2002); utilizar pasturas de mejor calidad; con algunos aditivos como ionóforos y grasas (Carmona *et al.*, 2005); utilizar sistemas silvopastoriles para mejorar las características fermentativas a nivel ruminal (Mahecha, 2002; Carmona *et al.*, 2005), así como utilizar especies vegetales que posean taninos (Bernal y Suárez, 2011). Disminuir la emisión de gases en la explotación ganadera y mejorar la productividad animal debe ser uno de los retos que se tienen que afrontar en el futuro del Zootecnista, así como lograr la reconversión ganadera, la rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos y el establecimiento de los sistemas agroforestales o agroforestería pecuaria (Bernal y Suárez, 2011).

2.2 Producción de gas

Según Bernal y Suárez (2011), reportan que la ganadería bovina en general emite el 9% del total de dióxido de carbono, el 37% de las emisiones de gas metano, que provienen de la fermentación entérica y del estiércol; el metano (CH₄) es uno de los principales gases con efecto invernadero que requiere ser mitigado. El proceso de fermentación parece ser similar en cultivos de microorganismos ruminales o fecales; sin embargo, los bajos niveles de microbios que sobreviven significan que inóculos

derivados de la materia fecal exhibirá una potencia reducida respecto al del líquido ruminal (Dhanao *et al.*, 2004).

2.3 Generalidades metabólicas a nivel ruminal

La producción de gases es parte del proceso digestivo de los rumiantes; la fermentación que ocurre en el rumen durante el metabolismo de los carbohidratos de material vegetal ingeridos es un proceso anaerobio efectuado por la población microbiana del rumen (Santacoloma, 2011), que convierte los carbohidratos en ácidos grasos de cadena corta, principalmente ácido acético, propiónico y butírico (Primavesi *et al.*, 2004). La emisión de metano varía entre 4% y 9% de la energía bruta del alimento ingerido, esto representa que la energía alimenticia se transforma en forma de gas y no es aprovechada por el animal (Montenegro y Abarca, 2000; Primavesi *et al.*, 2004).

2.4 Población microbiana en rumen

El metano y otros gases es producido fundamentalmente por microorganismos del rumen durante la fermentación (Santacoloma, 2011). Aunque existe gran cantidad de microorganismos en todo el sistema digestivo del rumiante, solo los del rumen mantienen una compleja simbiosis con el hospedero (Santacoloma, 2011). Las bacterias que se encuentran dentro de la flora microbiana, tales como *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Prevotella ruminicola*, *Ruminobacter amylophilus*, *Streptococcus bovis*, *Ruminococcus flavefaciens*, *Fibrobacter succinogenes* formalmente *Bacteroides succinogenes*, han sido expuestas a experimentos de efecto de crecimiento con relación a taninos condensados, por una serie de autores (Bae *et al.*, 1993; Jones *et al.*, 1994; McAllister *et al.*, 1994; Lopez *et al.*, 1999). La dinámica poblacional del ecosistema ruminal puede verse afectada por la composición de la dieta, un alimento rico en fibra puede favorecer el crecimiento de las bacterias celulolíticas como *Fibrobacter succinogenes* y *Ruminococcus flavefaciens*, las que al degradar celulosa en polímeros más simples y generar ácidos grasos volátiles (AGV), contribuyen al metabolismo energético del rumiante (Hess *et al.*, 2003). Las bacterias metanogénicas utilizan diferentes sustratos para la producción de metano,

pero los principales son H₂ Y CO₂; la eliminación de estos gases, principalmente del H₂ implica la remoción de un factor implicado en la estabilidad del pH ruminal, siendo este esencial para una óptima fermentación (Carmona et al., 2005).

2.5 Efecto de la dieta en producción de gases

Numerosos estudios señalan que las estrategias de alimentación que aportan nitrógeno fermentable, mejoran el desempeño productivo de los animales, contribuyen a reducir la producción de gas por unidad de carne o leche (Santacoloma, 2011). Las emisiones de metano que vienen del ganado bovino representan un 80% del total de aporte de todas las especies y la composición de la dieta tiene un efecto directo en esta contribución (Santacoloma, 2011).

Hay evidencias que muestran que la tasa de emisión de gases, por fermentación entérica, se relaciona con el alimento consumido; dietas altamente fibrosas y de baja digestibilidad aumentan las emisiones de gases y se genera una gran pérdida por esta vía (Santacoloma, 2011). La manipulación de las dietas en rumiantes se considera una alternativa viable para disminuir la producción de gases y con ello disminuir las pérdidas energéticas del animal (Carmona *et al.*, 2005). También se señala que entre los factores que influyen en su producción están las características físicas y químicas del alimento, las cuales afectan directamente el nivel de consumo y la frecuencia de alimentación; por tanto una subnutrición contribuye a incrementar los niveles de emisión de metano (Montenegro y Abarca, 2002). Cabe mencionar que es posible, mediante la modificación del manejo de pasturas, los niveles de emisión de gas en las explotaciones bovinas, independientemente de la zona ecológica donde estas se localicen (Cárdenas, 2012; Montenegro y Abarca, 2000). Como una de las fuentes de alimentación de los bovinos son las leguminosas, que por su misma naturaleza son capaces de sintetizar altos niveles de proteínas, con una menor tasa de disminución de taninos con la edad de la planta; entre las características más sobresalientes de las leguminosas como fuente alimenticia podemos señalar que poseen taninos, como sistema de defensa, lo que contribuye en una óptima cantidad a proteger proteína y reducir la cantidad de metano producida en la fermentación ruminal (Cárdenas, 2012). Se han adelantado

investigaciones con leguminosas taníferas, como el *Lotus uliginosus*, que reduce la emisión de gas a nivel entérico y mejora la productividad animal (Bernal y Suárez, 2011).

2.6 Taninos

2.6.1 Generalidades

Los taninos son polímeros polifenólicos producidos en las plantas como compuestos secundarios y que tienen la habilidad de formar complejos con proteínas, polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas, influyendo ampliamente sobre el valor nutricional de las leguminosas forrajeras (Cárdenas, 2012). Los grupos flavonoides y no flavonoides, se pueden encontrar formando compuestos de muy alto peso molecular (>500 UMA), llamados en ambos casos taninos; sin embargo, cada grupo origina un tipo específico de taninos: los no flavonoides polimerizan para formar taninos hidrolizables, mientras que ciertos flavonoides, al polimerizar, forman taninos condensados. (Vázquez *et al.*, 2012). Los taninos no solo poseen un elevado peso molecular, sino además presentan suficientes grupos hidroxilo unidos a estructuras fenólicas que les confieren la característica de formar complejos con proteínas, minerales y otras macromoléculas (Vázquez *et al.*, 2012). La estructura química de los taninos varía cualitativa y cuantitativamente en vegetales y frutas; algunos taninos son comunes en el reino vegetal, unos son característicos de alguna fruta y otros de algún vegetal en específico (Vázquez *et al.*, 2012). Se unen fuertemente a proteínas ricas en aminoácidos como prolina, glicina y ácido glutámico y péptidos por dos interacciones importantes: puentes de hidrógeno (entre el grupo carbonilo de los péptidos y los hidrógenos del grupo hidroxilo de polifenoles) e interacción hidrofóbica (entre los aminoácidos neutros y los anillos aromáticos de los taninos); cabe señalar a este respecto que todas estas interacciones dependen de la preferencia de cada molécula de tanino para arreglarse tridimensionalmente, y de su estado coloidal (Vázquez *et al.*, 2012). Son polímeros fenólicos solubles en agua, que precipitan proteína, que tienden a formar complejos fuertes tanto con almidones y celulosa como con proteína, debido a que tienen muchos grupos hidroxilos

fenólicos libres, que les permiten formar puentes de hidrógeno con los compuestos anteriormente mencionados, lo que le da más importancia desde el punto de vista nutricional y toxicológico. Se caracterizan por ser astringentes, su presencia en madera, hojas, raíces, se usan en curtiembre, pueden formar complejos con macromoléculas como carbohidratos, proteínas y alcaloides (Cárdenas, 2012). A través del tiempo en el mundo, los taninos han tenido diversos usos como curtidores de piel, producción de tinta utilizada para teñir algunas telas como la seda así como también tinta para escribir, en la alimentación de rumiantes y como inhibidores del crecimiento bacteriano (Nogueira, 2011).

2.6.2 Taninos hidrolizables

Los taninos hidrolizables son polímeros de ácidos fenólicos unidos a polisacáridos como azúcares y fenoles, que provienen de esterificación de compuestos polifenólicos no flavonoides (Vázquez *et al.*, 2012). Estos son más susceptibles a la hidrólisis enzimática y no enzimática por lo tanto, más solubles en agua que los condensados (Cárdenas, 2012). Se clasifican según la hidrólisis como: Galotaninos, caracterizados por su producción de ácido gálico y Elagitaninos, que producen ácido elágico y glucosa (Cárdenas, 2012). La estructura química de estos taninos contiene distintas porciones de glucosa, polioliol y esterificaciones cruzadas diversas; es debido a esta complejidad que los métodos de determinación suelen presentar inconvenientes; los taninos hidrolizables aunque se encuentran distribuidos ampliamente en plantas y son un parámetro muy importante de calidad de frutos, han recibido menos atención en lo que se refiere a la salud, esto posiblemente debido a las dificultades en su identificación, aislamiento, purificación y cuantificación (Vázquez *et al.*, 2012).

2.6.3 Taninos condensados

Los Taninos Condensados son polímeros flavonoides, que pueden ser oxidativamente degradados en ácido a antocianidinas (Otero e Hidalgo, 2004), provienen de la esterificación de compuestos polifenólicos flavonoides, como las catequinas o flavan-3-oles (Vázquez *et al.*, 2012), unidos por enlaces interflavones de carbono que no son susceptibles a hidrólisis. Los taninos condensados se encuentran presentes en los tallos, las hojas e inflorescencias de diversas especies forrajeras. Este grupo de taninos interactúan con las proteínas formando complejos. En general, esta interacción es muy selectiva teniendo especial afinidad por aquellas de cadenas más largas y con prolina ricas en proteínas. Producto de esta interacción las proteínas precipitan a un pH cercano a su punto isoeléctrico (Otero e Hidalgo, 2004). La facilidad de los TC de formar esos complejos es el aspecto más importante en sus efectos nutricionales y toxicológicos. La proteína no es degradada en el rumen, pero está disponible para la digestión en el abomaso e intestino delgado (Jones *et al.*, 1994). En un rango de pH de entre 5 y 7,5 en el rumen, la proteína permanece unida a los taninos, pero a pH bajos ($\text{pH} < 3,5$) la proteína es liberada (Otero e Hidalgo, 2004). Los taninos condensados se encuentran principalmente en plantas dicotiledóneas, las plantas herbáceas tienen a menudo TC en las semillas, por ejemplo alfalfa, semillas de algodón, porotos y en los pétalos de las flores (Otero e Hidalgo, 2004).

2.6.4 Efecto de taninos en nutrición y producción de gas

Los taninos son compuestos fenólicos que en una cantidad adecuada protegen la proteína de la acción bacteriana del rumen, y se puede degradar a nivel intestinal, siendo aprovechada directamente por el bovino (Jones *et al.*, 1994; Cárdenas, 2012). Además existen reportes que pueden llegar a disminuir la cantidad de metano producida por la fermentación ruminal (Bernal *et al.*, 2008; Cárdenas, 2012). Así mismo, la inclusión de plantas taniníferas podría generar un efecto positivo adicional en la producción animal, al disminuir la producción de metano (Montenegro y Abarca, 2002). Murillo (2013), reporta la disminución de la producción de gas bruto en las heces de bovinos de engorda, al adicionar 2% (BH) de extracto de taninos a las heces de manera *in vitro*.

En cuanto a los efectos de los taninos sobre la nutrición de rumiantes, puede ser negativo o positivo, según la cantidad y tipo de taninos consumida; los taninos en altas concentraciones reducen el consumo, digestibilidad de la proteína y carbohidratos y el desarrollo de los rumiantes (Cárdenas, 2012). En cambio las bajas y moderadas concentraciones de estos compuestos “no deseables en nutrición animal”, pueden tener un efecto benéfico como prevenir el timpanismo, e incrementar el flujo de nitrógeno no amoniacal y aminoácidos esenciales del rumen hacia el intestino delgado y reducir la producción de metano (Bernal *et al.*, 2008; Cárdenas, 2012).

Los efectos de los taninos en rumiantes, se debe a la mayor retención de nitrógeno, aumentando el flujo de aminoácidos esenciales del rumen al intestino delgado, por consecuencia aumenta el flujo de proteína *by pass* y la eficiencia de la utilización de esta por parte de los rumiantes, con factores determinantes como tamaño de molécula, composición de aminoácidos, peso molecular de la proteína y pH; por lo tanto a mayor tamaño de proteína los enlaces son más estables (Bae *et al.*, 1994). Al efectuarse la formación de complejos proteína-taninos, en presencia del pH neutro en el rumen, la proteína está protegida de las enzimas bacterianas, las cuales no pueden hidrolizarlo; estos complejos, en cambio, son inestables ante el pH ácido abomasal, por lo tanto la proteína será hidrolizada y estará disponible para el uso directo en el metabolismo y/o producción del rumiante, pero si la cantidad de taninos es un poco más alta, simplemente esta proteína no es digerida y se excretará en la heces (Bae *et al.*, 1994; Jones *et al.*, 1994; Cárdenas, 2012). Los taninos pueden incrementar la eficiencia del reciclaje de la urea en el rumen, ya que aumentan el contenido de glicoproteínas y la excreción de saliva, lo cual da lugar a mayor cantidad de N reciclado al rumen y una menor cantidad de metano producido (Bernal *et al.*, 2008).

En un estudio realizado por Bernal *et al.*, (2008), se compararon varios ensilajes y henos con base en especies como *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea*, leguminosas con altos contenidos de taninos, vs materiales ensilados de *Vigna unguiculata* (leguminosa sin taninos), las cuales fueron evaluadas *In vitro*, por medio del sistema de simulación Rusitec, para evaluar

producción de gas metano y digestibilidad, donde se encontró menor producción de metano en las dietas con más cantidad de taninos, siendo inversa la proporción entre la cantidad de taninos y la producción de metano.

Según Lascano y Cárdenas, (2010), varios estudios han demostrado que algunas leguminosas presentan metabolitos secundarios (taninos condensados) que posiblemente reducen la metanogénesis. Lo anterior explica porque los taninos como compuestos fenólicos pueden ser tóxicos para los microorganismos del rumen, especialmente protozoarios ciliados, bacterias degradadoras de fibra, bacterias metanogénicas y por consecuencia el uso de estas plantas disminuye la producción de gas.

III. HIPÓTESIS

La adición de extractos de taninos a la dieta disminuye la producción de gas en las heces de los bovinos en engorda.

4.1 General

IV. OBJETIVO

Determinar la influencia de la adición de extracto de taninos a la dieta en la producción de gas en las heces de los bovinos en engorda.

4.2 Particulares

Realizar una estandarización de la técnica de producción de gas al comparar la influencia de la dieta de finalización con dieta de ensilado en la producción de gas de las heces de los bovinos.

Medir la producción de gas de las heces de bovinos de engorda, generada a las 24, 48 y 72 h hasta que ya no se observe producción de gas.

Evaluar la influencia de la adición de extracto de taninos a la dieta en la producción de gas en las heces de los bovinos en engorda.

V. MATERIAL Y METODOS

La presente investigación se llevó a cabo en la Unidad Experimental para bovinos en Engorda en Trópico Seco de la FMVZ-UAS localizada en el interior de las instalaciones de los Ganadera Los Migueles, S.A. de C.V., en Culiacán, Sinaloa, con la siguiente localización geográfica: 24°51' de latitud Norte, 107°26' de longitud Oeste, 57msnm, temperatura media anual de 24.8 °C; mínima 16.3 °C y máxima 44.5 °C, precipitación pluvial media anual de 665.6 mm, predominando el clima tropical seco (García, 1981; INEGI, 2009). En tanto que la fase de laboratorio se desarrolló en el Laboratorio de Investigación en Nutrición y Producción Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Sinaloa, en Culiacán, Sinaloa.

Todos los bovinos que se usaron en este experimento fueron tratados de acuerdo con las recomendaciones de la Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching (FASS, 2010).

5.1 Estandarización de la técnica de Producción de Gas

Se realizó la comparación del tipo de dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en engorda.

Se colectaron muestras de heces de bovinos en 16 corrales; ocho corrales con dieta de finalización 10:90 forraje:concentrado (13.6 % PC; 2.1 Mcal ENm) y ocho corrales con dieta de crecimiento formuladas a base de ensilado de maíz 70:30 forraje:concentrado (15 % PC; 1.4 Mcal ENm); donde se tomaron cinco muestras por corral y se formó una muestra compuesta, la composición de las dietas se presenta en el Cuadro 1.

Se seleccionaron en cada corral las heces de cinco bovinos que cumplieran la característica de ser recientemente excretadas y que correspondieran en el aspecto de forma y color con la mayoría de las excretas presentes en el corral. Las muestras de heces, se tomaron de la parte superior del excremento cuidando de no contaminarla con tierra procedente del piso del corral. Las heces fueron colocadas

inmediatamente en bolsas de plástico, cerradas e identificadas, las mismas que se transportaron de inmediato al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Producción Animal de la FMVZ-UAS para llevarse a cabo el procedimiento de incubación.

De cada una de las muestras compuestas de heces, se tomaron alícuotas de aproximadamente 20 gramos para la determinación de materia seca (24 horas a 105 °C; AOAC, 1995).

El procedimiento de incubación se desarrolló de la siguiente manera: de 16 muestras compuestas obtenidas, ocho corresponden a dieta de finalización y ocho a dieta en base a ensilado de maíz. Se tomaron alícuotas de 40 g de heces de cada una de las muestras compuestas y se depositaron en frascos de plástico con capacidad de 600 mL y se les adicionó 40 mL de agua destilada, se agitaron durante un minuto para homogenizar las muestras. Los frascos se cerraron con tapón de rosca y acondicionados con un tubo de plástico antiadherente y con ausencia de poros (Tygon®; Saint-Gobain; Francia). Los frascos fueron colocados en baño maría a 37°C y el extremo opuesto del tubo de plástico se colocó en el interior de una probeta de vidrio graduada de 250 mL, llena con agua destilada y colocada en posición invertida dentro de un baño de agua (Miller y Varel, 2001; Miller *et al.*, 2006).

Las muestras se incubaron durante 24, 48 y 72 h y se dejó continuar hasta que ya no fue posible apreciar producción de gas alguna y esto ocurrió a las 120 h de incubación. La producción de gas se contabilizó como la cantidad de agua desplazada por el gas dentro de cada probeta expresada en mL.

Análisis estadístico

Los resultados del experimento, fueron analizados por Análisis de Varianza para un diseño completamente al Azar (Hicks, 1973) con arreglo factorial 2 x 4 (dos niveles del factor dieta y 4 niveles del factor tiempo de incubación).

Se fijó un nivel máximo de $P \leq 0.05$ para aceptar diferencia estadística. Todos los cálculos estadísticos se desarrollarán con la versión 9 del paquete computacional Statistix® (2007).

El modelo matemático (Hicks, 1973) utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \delta_i + \tau_j + \delta\tau_k + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable de respuesta

μ = Media general

δ_i = Efecto del i -ésimo nivel del factor dieta

τ_j = Efecto del j -ésimo nivel del factor tiempo

$\delta\tau_k$ = Efecto de la interacción dieta x tiempo

ε_{ijkl} = Error aleatorio (experimental)

Cuadro 1. Composición de las dietas utilizadas en el experimento.

Ingredientes	Dietas	
	Crecimiento (Ensilado de maíz)	Finalización (Alta en grano)
Ensilado de maíz	46.10	-
Rastrojo de Maíz	25.33	10.24
Maíz molido	-	68.57
Pasta de soya	16.28	7.17
Melaza de caña	8.29	6.82
Sebo	-	4.50
Ganamin Total Sinaloa ²	2.61	-
Ganamin Los Migueles ³	-	2.70
Ganbuffer ⁴	1.38	-
Total	100%	100%
	Análisis calculado (en base seca) ¹	
PC, %	15.21	13.60
ENm, Mcal/kg	1.358	2.113
ENg, Mcal/kg	0.793	1.438

¹ Valores calculados con base a valores publicados (NRC, 2000).

² Ganamin Total Sinaloa (premezcla de vitaminas y minerales; Técnica Mineral Pecuaria S.A. de C.V.; Guadalajara, Jalisco, México). Contienen 68 % PC como NNP y 25 g de monensina de sodio (Rumensin 200[®]; ElancoAnimal Health).

³ Ganamin Los Migueles (premezcla de vitaminas y minerales; Técnica Mineral Pecuaria S.A. de C.V.; Guadalajara, Jalisco, México). Contienen 112% PC a como NNP y 25 g de monensina de sodio (Rumensin 200[®]; (ElancoAnimal Health).

⁴ Ganabuffer (premezcla de amortiguadores del pH; Técnica Mineral Pecuaria S.A. de C.V.; Guadalajara, Jalisco, México).

5.2 Experimento. Influencia del extracto de taninos en la producción de gas en las heces de bovinos de engorda.

Se utilizaron 30 becerros *Bos indicus* (Brahman) de $220 \pm$ (DE) 6 kg que fueron adquiridos en la región semiserrana del municipio de Mocorito, en el estado de Sinaloa y transportados 150 km hasta la Unidad Experimental. A su arribo los animales fueron identificados con arete numerado, se pesaron y se les aplicó bacterinas para prevenir enfermedades causadas por *Clostridia*, *Histophilus somni* (Ultrabac-sumnovac; Pfizer) y *Mannheimia haemolytica* (OneShot; Pfizer). Los becerros se alojaron en grupos de cinco, en seis corraletas (6 x 12 m). Los animales se alimentaron a libre acceso con una dieta de recepción con proporción 70:30 forraje:concentrado (15 % PC; 1.4 Mcal ENm), formulada a base de ensilaje de maíz, pasta de canola y grano de maíz molido (Cuadro 1).

A los becerros se les permitió un periodo de adaptación de 21 días a la dieta, para permitir que se estableciera el orden social, familiarización con las instalaciones, adaptación al manejo experimental y se normalizara el consumo de alimento en los animales, debido a que el consumo de alimento en los becerros recién llegados al corral usualmente es bajo, en especial durante los primeros siete días (Hutcheson y Cole, 1986; Fluharty y Loerch, 1995; Fluharty y Loerch, 1996). Una vez completada la adaptación y con el consumo de los corrales estabilizado, se procedió a tomar muestras de heces durante tres días que fueron los correspondientes al día 15, 17 y 19 desde el arribo de los animales a los corrales experimentales. En cada uno de los corrales, se seleccionaron a tres animales y se obtuvo una muestra de heces de cada uno de ellos inmediatamente después de haber sido excretada, el procedimiento fue similar al descrito en la estandarización de la técnica; las muestras de heces se manejaron de manera individual y cada becerro fue la unidad experimental. Una vez obtenidas, las heces fueron colocadas inmediatamente en bolsas de plástico, cerradas e identificadas con el número de arete del animal, tratamiento al que quedaría asignado, fecha y experimento; las muestras se transportaron de inmediato al Laboratorio de Investigación en Nutrición y

Producción Animal de la FMVZ-UAS; en donde fueron procesadas para medir la producción de gas de las heces.

El procedimiento para la determinación de materia seca e incubación de las heces fue similar al descrito en la estandarización de la técnica.

El día 21 después de su arribo al corral de engorda, los animales de acuerdo con un diseño completamente aleatorizado (Hicks, 1973), fueron asignados a consumir durante 28 días uno de tres tratamientos:

- 1) Dieta de recepción sin la adición de extracto de taninos (Testigo).
- 2) Testigo más la adición de 0.6% en base seca de extracto de taninos condensados (TC)
- 3) Testigo más la adición de 0.6% en base seca de extracto de taninos hidrolizables (TH)

El extracto de taninos condensados fue ofrecido en forma de extracto de taninos condensados de quebracho (*Schinopsis balansae*) y los taninos hidrolizables se proporcionaron a partir de un extracto de taninos hidrolizables de castaño (*Castanea sativa*); los extractos de taninos fueron proporcionados por SilvaTeam® (INUDOR; Buenos Aires, Argentina), con un contenido de 70% de taninos. La dosis diaria de taninos por corraleta fue disuelta en 1 kg de maíz molido y se adicionó al alimento al momento de ser servido en el comedero; la pre-mezcla de maíz y el alimento fueron mezclados manualmente. En las corraletas asignadas a la dieta testigo, se proporcionó 1 kg de maíz molido para homogenizar el aporte de energía en todos los tratamientos.

Una vez cumplidos los 28 días de consumo de los tratamientos, los días 27, 29 y 33 después de asignados los tratamientos, se tomaron muestras de heces de los mismos 3 animales por corral del muestreo anterior para ser posible la comparación por becerro; las heces se colocaron inmediatamente en bolsas de plástico, cerradas e identificadas, las mismas que fueron transportadas de inmediato al Laboratorio de Investigación en Nutrición y Producción Animal de la FMVZ-UAS; en donde fueron

procesadas para contabilizar la producción de gas de las heces utilizando el procedimiento descrito anteriormente.

Análisis estadístico

Los datos del experimento, fueron analizados por Análisis de Varianza para un diseño completamente al Azar (Hicks, 1973).

Se fijó un nivel máximo de $P \leq 0.05$ para aceptar diferencia estadística. Todos los cálculos estadísticos se desarrollaron con la versión 9 del paquete computacional Statistix® (2007).

El modelo matemático (Hicks, 1973) que se utilizó fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

τ_i = Efecto del j-ésimo tratamiento

ε_{ij} = Error aleatorio (experimental)

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Estandarización de la técnica de producción de gas.

Los resultados de la influencia del tipo de dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en engorda se presentan en el cuadro 2. En la figura 1, se presenta la descripción gráfica de la influencia de la dieta de finalización vs ensilado, en la producción de gas/g MS a los diferentes tiempos de incubación.

La producción de gas por gramo de materia seca en las heces de bovinos en engorda con dieta de finalización fue mayor en 71% ($P < 0.01$) en relación a la dieta en base a ensilado de maíz, durante las primeras 24 h de incubación. De 24 a 48 h la producción de gas/g MS de las heces de finalización fue mayor en 33% ($P = 0.02$) en relación a la dieta en base a ensilado de maíz. De 48 a 72 h la producción de gas/g MS de las heces es mayor en 34% ($P = 0.03$) en relación a la dieta en base a ensilado de maíz. De 72 a 120 h la producción de gas/g MS fue inferior ($P = 0.02$) en 22% con relación a la dieta en base a ensilado de maíz. Al hacer la comparación de la producción de gas/g MS de las heces de bovinos en engorda, del total acumulado de 0-120 h, la producción de gas de los bovinos con dieta de finalización en mayor en 43% ($P < 0.01$) con relación a la dieta de ensilado de maíz.

En promedio durante las primeras 24 horas, la producción de gas de las heces fue el equivalente al 50% (51.3%) de la producción total de gas en las heces después de 120 h de incubación cuando prácticamente se suspendió la producción de gas. Con la cantidad de gas emitido a las 24 horas por los animales que consumieron los dos tipo de dietas, permitió apreciar una diferencia entre los dos tratamientos ($P = 0.02$), que correspondió con el resultado observado de la producción total de gas después de 120 horas de incubación, por lo que se considera que con la medición de la producción de gas en las primeras 24 h se pueden hacer comparaciones precisas entre distintos tratamientos.

Cuadro 2. Influencia del tipo de dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en engorda

Variable	Tipo de dieta		EEM ¹	Valor de <i>P</i>
	Ensilado	Finalización		
Corrales	8	8		
Muestra heces BH, g	40.44	40.43	0.094	0.97
MS de las heces, %	22.03	28.05	0.592	< 0.01
Muestra heces BS, g	8.91	11.34	0.243	< 0.01
Producción de gas, mL/g de MS				
0-24 h	7.87	13.43	0.567	< 0.01
24-48 h	3.52	4.67	0.369	0.02
48-72 h	2.72	3.63	0.321	0.03
72-120 h	3.27	2.54	0.494	0.32
Total acumulado 0-120 h	16.93	24.21	1.058	< 0.01
Producción de gas, proporción del total, %				
0-24 h	46.68	55.84	2.346	0.02
0-48 h	67.83	75.78	2.705	0.06
0-72 h	81.31	89.60	2.056	0.02
0-120	100.00	100.00	0.000	1.00

¹ Error estándar de la media

Este resultado concuerda con los señalamientos de una serie de autores (Carmona *et al.*, 2005; Cárdenas, 2012); quienes comentan que las dietas con mayor proporción de concentrado aumenta la producción de gas a nivel de rumen. Hay evidencias que muestran que la tasa de emisión de gases, por fermentación entérica, se relaciona con el alimento consumido; dietas altamente fibrosas y de baja digestibilidad aumentan las emisiones de gases y se genera una gran pérdida por esta vía (Santacoloma, 2011). La manipulación de las dietas en rumiantes se considera una alternativa viable para disminuir la producción de gases y con ello disminuir las pérdidas energéticas del animal (Carmona *et al.*, 2005).

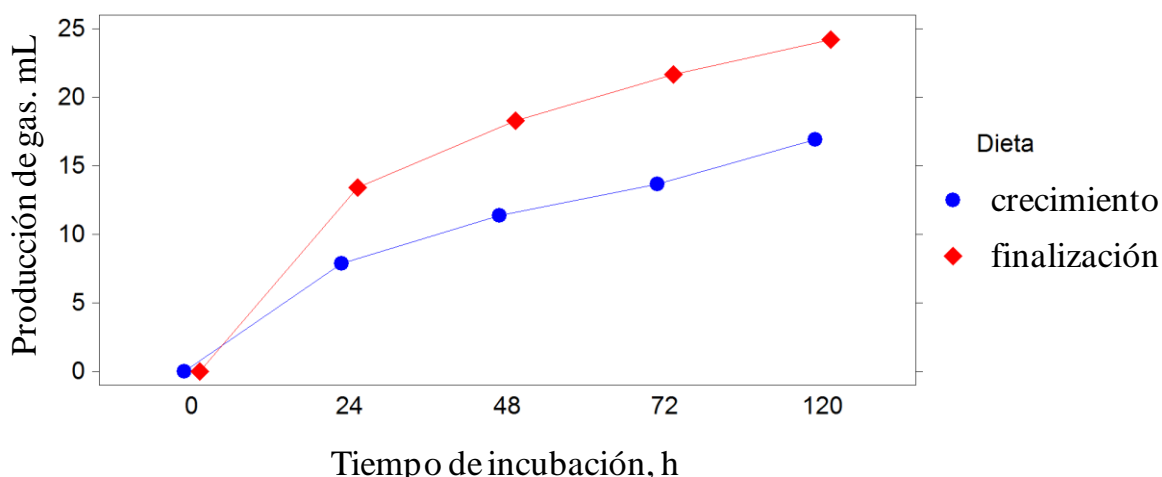


Figura 1. Descripción gráfica de la influencia de la dieta de finalización vs ensilado, en la producción de gas/g MS a diferentes tiempos de incubación.

6.2 Experimento.

Los resultados de la Influencia de la adición de extracto de taninos a la dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en pre-engorda se presentan en el Cuadro 3.

De acuerdo con los resultados de la estandarización de la técnica de producción de gas, en las primeras 24 h de incubación de las heces se da el 50% del total de la producción de gas, por lo que la incubación durante 24 h es un tiempo apropiado para hacer la comparación entre diferentes tratamientos, en consecuencia los resultados de la incubación de las heces durante 24 h utilizada en el experimento se pueden considerar confiables.

La adición de 0.6% de extracto de taninos a la dieta no modificó ($P > 0.50$) la producción de gas de las heces. Estos resultados indican que cuando los extractos de taninos tanto provenientes de taninos condensados de quebracho, como de taninos hidrolizables de castaño son proporcionados en el alimento de los bovinos, al momento de ser excretados en las heces, no presentan el mismo comportamiento que ha sido observado en experimentos previos, en los que la adición de extracto de taninos condensados directamente a las heces después de haber excretadas disminuyeron la producción de gas de las mismas (Murillo, 2013). Una probable explicación al comportamiento es que los taninos a su paso por las distintas regiones del tracto digestivo de los bovinos, puede llegar a presentar interacciones con los componentes inicialmente de la dieta y posteriormente de los productos de la digestión.

Se conoce que los taninos en las condiciones ligeramente ácidas del rumen son capaces de formar complejos con las proteínas (Makkar, 2003; Becerra, 2011) y que en las condiciones de pH ácido como prevalecen en el abomaso el complejo tanino-proteína se disocia (Frutos *et al.*, 2004; Casciola *et al.*, 2009), sin embargo, a medida que el quimo avanza en el intestino delgado, el pH se eleva paulatinamente debido a las secreciones vertidas en el tracto digestivo (Owens *et al.*, 1986; Ortiz, 2010; Brake *et al.*, 2014), en especial las provenientes del páncreas con concentraciones altas de iones bicarbonato (Huntington *et al.*, 2006). En medios en los que los valores de pH oscilan de ligeramente alcalinos a ligeramente ácido como los que prevalecen en el íleon e intestino grueso (Owens *et al.*, 1986; Brake *et al.*, 2014), pueden permitir la formación de nuevo complejos de taninos y

componentes no digeridos como proteínas y carbohidratos (Bae *et al.*, 1993; Frutos *et al.*, 2004).

Cuadro 3. Influencia de la adición de extracto de tanino a la dieta en la producción de gas de las heces de bovinos en pre-engorda.

Variables	Tratamientos ¹			EEM ²	Valor de <i>P</i>
	Testigo	TC	TH		
Toretas, n	10	10	10		
Mediciones por periodo, n	3	3	3		
Muestras incubadas, ³ n	30	30	30		
Días en tratamiento	28	28	28		
Producción de gas, mL/g de MS					
Producción previa	4.36	5.07	4.80	0.447	0.53
Producción posterior	5.60	6.36	5.85	0.486	0.54
Diferencia entre periodos ⁴	1.25	1.29	1.05	0.672	0.97

¹ TC = Extracto de taninos condensados; TH = Extracto de taninos hidrolizables

² Error estándar de la media

³ Todas las muestras se incubaron por duplicado.

⁴ Los datos de la diferencia en producción de gas entre los periodos, antes de su análisis fueron transformados a valores de $\sqrt{x+15}$, con el propósito de normalizarlos.

Debido a lo anterior, al momento en que los taninos en la cantidad utilizada en este experimento, arriban al intestino grueso probablemente ya se encuentran asociados a otros sustratos y por lo tanto, no están disponibles para interactuar con los

microorganismos responsables de la fermentación en ese órgano y al ser excretados como componentes de las heces no tienen actividad alguna que pueda participar en una disminución de la producción de gas en las heces. Resultados obtenidos por Gilroyed *et al.* (2013) sugieren que con dosis de TC de 2.5% de la MS de la dieta se manifieste un efecto reductor en la producción de gas de las heces.

VII. CONCLUSIÓN

La adición de 0.6% de extracto de taninos a la dieta de bovinos en engorda, no causa impacto en la producción de gas de las heces.

VIII. LITERATURA CITADA

- Adeola, O. 1999. Nutrient management procedures to enhance environmental conditions: An introduction. *J. Anim. Sci.* 77:427-429.
- AOAC.1995. Official Methods of Analysis (16 th Ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Archibeque, S.L., D.N. Miller, H.C. Freetly, and C.L. Ferrell. 2006. Feeding high-moisture corn instead of dry-rolled corn reduces odorous compound production in manure of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 84:1767-1777.
- Bae, H.D., T.A. McAllister, J. Yanke, K.J. Cheng, and A.D. Muir. 1993. Effects of condensed tannins on endoglucanase activity and filter paper digestion by *Fibrobacter succinogenes* S85. *Applied and Environmental Microbiology.* 59:2132-2138.
- Bernal, L., P. Avila, G. Ramírez, C.E. Lascano, T. Tiemann y H. Hess. 2008. Degradación de nutrientes y emisión de gases al fermentar ensilaje y heno de *Calliandra calothyrsus* y *Vigna unguiculata* en el Sistema Rusitec. *Asociación Latinoamericana de Producción Animal.* 16:199-204.
- Bernal, L., R.A. Suárez. 2011. La producción de forraje en el contexto del cambio climático. *Rev. Cienc. Anim.* 4:7-14.
- Beserra, L.M., C.M. Leal, S. Maia, A.L. Fernades, L.T. Freitas. 2011. Plantas taaniníferas e o controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. *Ciencia Rural* 41: 1967-1974.
- Brake, D. W., E. C. Titgemeyer, E. A. Bailey, and D. E. Anderson. 2014. Small intestine digestion of raw cornstarch in cattle consuming a soy bean hull-based diet is improved by duodenal casein infusion. *J. Anim. Sci.* 92:4047-4056.
- Cárdenas, P. A. 2012. Efectos de los taninos encontrados en las leguminosas tropicales utilizadas en la nutrición de rumiantes. *Revista PECUS Colombia.* 3:33-39. Disponible en: <http://www.corhuila.edu.co>

- Carmona, J. C., D.M. Bolívar y L .A. Giraldo. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 18:49-63.
- Casciola, W., M. De la Iglesia, M. Favaro, M. Lamboglia, S. Uberti, J. Sosa, E. Reggiardo, I. Nescier, E. Elizalde, G. Fernandez y C. Boggero. 2009. Estudio del efecto de los taninos condensados sobre la producción y composición de la leche de oveja. *Revista FAVE – Ciencias Agrarias* 8: 29-34.
- Dhanao, M.S., J. France, L.A. Crompton, R.M. Mauricio, E. Kebreab, J.A.N. Mills, R. Sanderson, J. Dijkstra, and S. López. 2004. The technical note: A proposed method to determine the extent of degradation of a feed in the rumen from the degradation profile obtained with the in vitro gas production technique using feces as the inoculum. *J. Anim. Sci.* 82:733-746.
- FASS, 2010. Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching. Federation of Animal Science Societies. Champaign, IL.
- Fluharty, F. L. and S. C. Loerch, 1995. Effects of protein concentration and protein source on performance of newly arrived feedlot steers. *Journal of Animal Science*, 73:1585-1594.
- Fluharty, F. L. and S. C. Loerch, 1996. Effects of Dietary Energy Source and Level on Performance of Newly Arrived Feedlot Calves. *Journal of Animal Science*, 74:504-513.
- Frutos, P., G. Hervás, F.J. Giráldez y A.R. Mantecón. 2004. Review. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2:191-202.
- García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 3ª ed. México D.F.
- Gilroyed, B. H., C. Li, T. Reuter, K. A. Bauchemin, X. Hao, and T. A. McAllister. 2013. Influence of distiller's grains and condensed tannins in the diet of feedlot cattle on biohydrogen production from cattle manure. *International Journal of Hydrogen Energy*, 40:6050-6058.

- Hess, H.D., L.M. Monsalve, C.E. Lascano, J.E. Díaz, T.E. y M. Kreuzer. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and *Sapindus saponaria* fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*. 54:703-713.
- Hicks, C.R. 1973. *Fundamental Concepts in the Design of Experiments*. Holt, Reinhart and Wiston, New York. Pag. 349.
- Huntington, G. B., D. L. Harmon, and C. J. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J. Anim. Sci.* 84 (E. suppl.):E14-E24.
- Hutcheson, D. P. and N. A. Cole. 1986. Management of transit-stress syndrome in cattle: nutritional and environmental effects. *J. Anim. Sci.* 62:555-560.
- INEGI, 2009. *Anuario Estadístico del Estado de Sinaloa*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática. Aguascalientes, Ags. México.
- Jones, G.A., T.A. McAllister, A.D. Muir, and K.J. Cheng. 1994. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 60:1374-1378.
- Lascano, C., E. Cárdenas. 2010. Alternatives for methane emission mitigation in livestock systems. *R. Bras. Zootec.* 39:175-182.
- Lopez, S., F.M. McIntosh, R.J. Wallace and C.J. Newbold. 1999. Effect of adding acetogenic bacteria on methane production by mixed rumen microorganisms. *Animal Feed Science and Technology*. 78:1-9.
- Mahecha, L. 2002. El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Rev. Col. Cienc. Pec.* 15:226-231.
- Makkar, H.P.S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research* 49:241-256.
- McAllister, T.A., C.J. Newbold. 2008. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48:7-13.

- McAllister, T.A., H.D. Bae, G.A. Jones, and K.J. Cheng. 1994. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J. Anim. Sci.* 72:3004-3018.
- Miller, D. N. and V. H. Varel. 2001. In vitro study of the biochemical origin and production limits of odorous compounds in cattle feedlots. *J. Anim. Sci.* 79:2949-2956.
- Miller, D. N., E. D. Berry, J. E. Wells, C. L. Ferrell, S. L. Archibeque, and H. C. Freetly. 2006. Influence of genotype and diet on steer performance, manure odor, and carriage of pathogenic and other fecal bacteria. III. Odorous compound production. *J. Anim. Sci.* 84:2533-2545.
- Montenegro, J., S. Abarca. 2000. Fijación de carbono, emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas de producción bovina en Costa Rica. Intensificación de la ganadería en Centroamérica: Beneficios económicos y ambientales. Cap. 10. Ed: Pomareda C. y Steinfeld, H. CATIE, FAO, SIDE. Pag. 151-171.
- Montenegro, J., S. Abarca. 2002. Los sistemas silvopastoriles y el calentamiento global: un balance de emisiones. *Agronomía Costarricense.* 26:17-24.
- Murillo, E.X., R. Barajas, N. Castro, E.A. Velázquez. 2013. Influencia de la adición de extracto de taninos en la producción de gas *in vitro* de las heces de bovinos en engorda. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Sinaloa.
- Nogueira, S.C. 2011. Suplementación con mezcla comercial de taninos de quebracho y castaños en vacas lecheras. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina (fecha de consulta julio de 2015). <http://bibliotecadigital.uca.ar/respiratorio/tesis/suplementacion-mezcla-comercial-taninos-quebracho.pdf>.
- NRC. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. (7th Revised Ed.) National Academy Press, Washington, D.C. Pag. 232.
- Ortiz, C. M. 2010. Mecanismos de acción de las plantas ricas en taninos sobre la población adulta de nemátodos gastrointestinales de los pequeños rumiantes. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán, México.

- Otero, M.J., Hidalgo, L. G. 2004. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales (una revisión). *Livestock Research for Rural Development*. 16:1-22.
- Owens, F. N., R. A. Zinn, and Y. K. Kim. 1986. Limits to starch digestion in the ruminants small intestine. *J. Anim. Sci.* 63:1634-1648.
- Primavesi ,O., R.T. Shiraishi, M.S. Pedreira, M. Aparecida, T.T. Berchielli y P.F. Barbosa. 2004. Metano entérico de bovinos leiteiros em condicoes tropicais brasileiras. *Pesq. Agropec. Bras.* 39:277-283.
- Santacoloma, L.E. 2011. Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*. 2:55-64.
- Statistix. 2007. *Statistix User's Manual, Release 9.0. Analytical Software, Tallahassee, FL.*
- Vázquez, A.A., E. Álvarez, J.A. López, A. Wall y L.A. De la rosa. 2012. Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*.6:84-93.
- Varel, V.H y D. N. Miller. 2000. Plant-Derived Oils Reduce Pathogens and Gaseous Emissions from Stored Cattle Waste. *American Society for Microbiology*. 3:1366-1370.