



LA NUTRICIÓN DE RUMIANTES COMO UN MECANISMO DE REDUCCIÓN DE LA EMISIÓN DE METANO

Balanced foods in the nutrition of ruminants as a mechanism for reducing the emission of methane

Renny J. Montilla E.

Ingeniero Agrónomo, MSc. Gerencia Pública. Doctorando en Ambiente y Desarrollo
Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.
Barinas, Venezuela. montilarj67@gmail.com

DATOS DEL ARTICULO

Recepción: 29-01-2021

Aprobación: 07-03-2021

Correspondencia a:

montilarj67@gmail.com

Palabras clave:

gases de efecto de invernadero,
metano, alimentos balanceados,
rumiantes

RESUMEN

Esta investigación titulada la nutrición de rumiantes como un mecanismo de reducción de la emisión de metano, presentó como objeto de estudio establecer la importancia del uso de los alimentos balanceados empleados en la nutrición de animales para rumiantes con fines de producción como un mecanismo de reducción de la emisión de metano, empleando una metodología de naturaleza cualitativa de tipo documental de nivel descriptivo, donde se tomaron en cuenta el proceso de producción de metano en los rumiantes, la contribución de la emisión de metano (CH₄) de los rumiantes en los efectos gases de invernadero y la relevancia de los alimentos balanceados como un mecanismo de reducción de metano, pudiéndose evidenciar la importancia no solo el uso los alimentos balanceados empleados en la nutrición de animales para rumiantes, sino también de la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, sistemas silvopastoriles, entre otros, como un mecanismo de reducción de la emisión de metano.



ABSTRACT

Keywords:

*greenhouse gases, methane,
balanced food, ruminants*

This research entitled ruminant nutrition as a mechanism for reducing the emission of methane, presented as an object of study to establish the importance of the use of balanced feeds used in the nutrition of animals for ruminants for production purposes as a mechanism for the reduction of the emission of methane, using a qualitative methodology of a documentary type of descriptive level, where the methane production process in ruminants was taken into account, the contribution of the emission of methane (CH₄) from ruminants in the gas effects greenhouse and the relevance of balanced feeds as a methane reduction mechanism, showing the importance not only of the use of balanced feeds used in the nutrition of ruminant animals, but also of the implementation of strategic supplementation systems, silvopastoral systems, among others, as a mechanism to reduce the emission of methane.



1. INTRODUCCIÓN

En un mundo de recursos finitos, la población humana crece con gran rapidez lo que significa un desafío importante para la agricultura y todos los sectores de la sociedad, los productos animales han sido constituyentes de la alimentación humana en muchas culturas (Pond, Church y Pond, 2002), lo que evidencia que a medida que aumenta la población la demanda de alimentos de origen vegetal y animal crecen proporcionalmente con el aumento de esta, conllevando a incrementar su producción aumentando las áreas de siembras en el caso vegetal y las unidades individuales para el área animal.

Para Pond *et al.* (2002), lo establecido en el párrafo anterior ha dado como resultados continuas investigaciones en las ciencias agrícolas y las disciplinas relacionadas, así como la aplicación de nuevos conocimientos a la solución de los problemas relacionados con la producción de alimentos nutritivos, seguros y sanos. Estas investigaciones en la producción de alimentos de origen animal dieron origen a una ciencia no exacta como es la nutrición animal.

Dentro de este orden de ideas la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (2009), menciona que es importante destacar que, aunque los términos alimentación y nutrición se utilizan frecuentemente como sinónimos, sus significados son diferentes donde para la FAO (*Ob. cit.*), la nutrición hace referencia a los nutrientes que componen los alimentos y al conjunto de procesos involuntarios, como la digestión y absorción de sus componentes o nutrientes, su metabolismo y la eliminación de los desechos celulares del organismo.

Por otro lado, el diccionario de la Real Academia Española (RAE), define la alimentación como la acción por la cual se proporciona o suministra alimentos al organismo, donde estos alimentos pueden ser de origen vegetal o animal en forma natural, fresco o conservado de manufactura industrial. Lo mencionado anteriormente entre la diferencia entre alimentación y nutrición, evidencia que el consumo de alimento no da seguridad que el organismo este bien nutrido, lo que manifiesta que los alimentos que se ingieran deben de tener los nutrimentos necesarios para que el organismo realice sus procesos metabólicos ya su vez este organismo tenga las sustancias óptimas para un mejor funcionamiento y desarrollo.

Dentro de este marco de satisfacer la demanda alimenticia de la humanidad los rumiantes se han convertido en una fuente de proteína de alto valor nutricional para la población humana, pero este incremento de la producción animal ha tenido un efecto secundario como lo es la



incorporación del metano al ambiente incrementando los gases de efecto de invernadero incidiendo en el cambio climático, por lo que Santacoloma (2011), indica que es posible disminuir los efectos de este gas en los sistemas productivos de rumiantes ofreciendo a los animales alternativas nutricionales.

Lo establecido por Santacoloma (*Ob. cit.*), evidencia que la nutrición animal juega un papel preponderante en la reducción de la producción de metano en los rumiantes por lo que este artículo se basará en “Establecer la importancia del uso los alimentos balanceados empleados en la nutrición de animales para rumiantes con fines de producción como un mecanismo de reducción de la emisión de Metano”, este objetivo se logrará mediante un investigación descriptiva documental, teniendo en cuenta el procesos de producción de metano en los rumiantes, la contribución de la emisión de metano de los rumiantes en los efectos gases de invernadero y la relevancia de los alimentos balanceados como un mecanismo de reducción de metano.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La producción de metano en los rumiantes

Entre las varias especies de mamíferos y aves se observan grandes variaciones en cuanto a estructura y función de los diferentes componentes del aparato digestivo, (Pond *et al.*, 2002), dando a entender que las estructuras y funcionamientos de los sistemas digestivos son diversos dentro del reino animal los cuales pueden serde estómago simple(no rumiantes o monogástricos), donde seincluyen los omnívoros como los humanos, ratas y cerdos, carnívoros como perros y gatos, y los herbívoros como caballos y conejos, entre otros o de rumiantes (estómago dividido en cuatro cavidades), como las vacas, ovejas, cabras, entre otros.

Para Pond *et al.* (*Ob. cit.*), en el aparato digestivo de los rumiantes, el alimento ingerido experimenta una fermentación pregástrica muy extensa, donde la mayor parte del alimento ingerido es fermentada por microbios antes de quedar expuesta a los compuestos químicos y a las enzimas gástricas y entéricas que normalmente intervienen en la digestión, es decir que tienen que pasar por sistema de desdoblamiento de los alimentos por microorganismos para que los diferentes elementos entren a activar los diferentes procesos metabólicos para su aprovechamiento.

El estómago de los rumiantes se divide en cuatro cavidades o compartimentos, los cuales son, retículo, rumen, omaso y abomaso, donde el rumen para Morgavi *et al.* (citado en Román y Hernández, 2016), es un ecosistema complejo que está integrado por una gran cantidad y



variedad de bacterias, hongos, protozoarios, organismos metanogénicos y bacteriófagos, expresando con esto que el rumen es el núcleo principal para el proceso digestivo de los rumiantes, donde su complejidad radica en la convergencia de estos microorganismos que en forma principal o secundaria contribuyen en el desarrollo de las diferentes etapas de la digestión.

Así como Morgavi *et al.*, ven el rumen como un epicentro de los procesos digestivos Russel *et al.* (citado en Román y Hernández, 2016), resaltan los privilegios y bondades que brinda el rumen al expresar que es la presencia de estos microorganismos la que le ha permitido a los rumiantes adaptarse a una gran variedad de dietas y, sobre todo, a usar la celulosa de las plantas con baja digestibilidad como su principal fuente de alimento. Siguiendo el orden de ideas Román y Hernández (*Ob. cit.*), divulgan que los microorganismos ruminales, además de ser fuente de proteína y proveer sustratos energéticos, ácidos grasos volátiles), producen metano (CH_4), donde este metano entérico es un producto de la fermentación anaerobia resultado de un complejo sistema simbiótico entre diferentes grupos microbiales presentes a lo largo del tracto digestivo del rumiante, fundamentalmente en el rumen (Vargas *et al.*, 2012).

En relación a lo descrito en el párrafo anterior Carro *et al.* (2018), indican que la mayoría del metano entérico es generado en el rumen (85-95 %), y solo un 5-15 % del total se genera en el intestino grueso, lo que da a entender que en el rumen es donde se produce la mayor cantidad de CH_4 , por lo que para la FAO (2019), la fermentación de los carbohidratos en el rumen el CH_4 y el CO_2 son subproductos naturales de la fermentación microbiana de los carbohidratos y, en menor medida, de los aminoácidos (AA), en el rumen, lo cual concuerda con Santacoloma (2011), al plasmar que el metano es producido fundamentalmente por microorganismos del rumen durante la fermentación anaeróbica de carbohidratos solubles y carbohidratos estructurales.

Con respecto a al origen del Metano entérico, Vargas *et al.* (2012), manifiestan que en el proceso rumiar es producido el CH_4 por un grupo de microorganismos metanogénicos denominados Archaea el cual es corroborado por Gonzales (s/f), citado en Román y Hernández (*Ob. cit.*), cuando manifiesta que el CH_4 es producido por las arqueas metanogénicas y se forma a partir de los productos resultantes de la fermentación de la materia orgánica de los alimentos donde la mayoría de las arqueas genera metano a partir de CO_2 e hidrógeno.

Lo citado en el párrafo anterior señala que los Archaea son los microorganismos que se encargan de generar la mayor cantidad de metano entérico principalmente en el retículo-rumen (FAO, *Ob. cit.*), pero también existen otras vías para la generación del CH_4 , pero en menor cantidad, como es mediante la reducción del ácido acético, el ácido fórmico, las metilaminas, el



metanol, el metanotiol, el sulfuro de metilo, entre otros. Para Beauchemin et al. (citado en Vargas *et al.*, 2012), declara que los microorganismos del rumen metabolizan los carbohidratos de la dieta convirtiéndolos principalmente en ácidos grasos volátiles como acetato, propionato y butirato, este proceso de síntesis de acetato y butirato se producen moléculas de hidrógeno las cuales deben ser removidas para mantener la eficiencia energética durante los procesos de fermentación anaerobia, donde las principales vías de remoción de hidrógeno se hacen a través de la biohidrogenación de ácidos grasos insaturados, la formación de ácido propiónico y de metano.

También es importante mencionar que el metano, tiene un alto equivalente calorífico, que constituye para el animal una pérdida directa de energía y que el CH₄ al igual que otras grandes cantidades de gases deben ser eliminados el cual lo realiza por otro mecanismo importante para los rumiantes como lo es el eructo o eructación que no es más que expulsión de gas en los rumiantes como medio normal de expeler productos de la fermentación, como bióxido de carbono y metano, (Pond *eta al.*, 2002).

Contribución de la emisión de metano de los rumiantes en los efectos gases de invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI), son los componentes gaseosos de la atmósfera, tanto naturales como antropogénicos, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la Tierra, la atmósfera y las nubes (Benavides y León, 2007), en otras palabras los gases que forman parte de los GEI los constituyen gases que son aportados en forma propias de la naturaleza y otras producidas por las actividades propias de la humanidad.

Dentro de los principales gases de efecto invernadero que son aportados en forma natural son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), y el ozono (O₃), y de estos algunos se originan por acciones antropogénicas como el CO₂, CH₄, entre otros, pero también existen los que son generados netamente por los humanos como los halocarbonos, que son compuestos que contienen cloro, bromo o flúor y carbono, y otros como hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC), que son compuestos que pueden actuar como potentes gases de efecto invernadero en la atmósfera y son también una de las causas del agotamiento de la capa de ozono en la atmósfera, (Benavides y León, *Ob. cit.*).

Carmona, Bolívar y Giraldo, (2005), exteriorizan que las concentraciones de metano son inferiores a las de CO₂, sin embargo el primero, se está incrementando rápidamente y además



posee un efecto 21-30 veces más contaminante con respecto al CO₂, lo que demuestra que el dióxido de carbono se puede encontrar en mayor cantidad en el ambiente pero es menos perjudicial, teniendo en cuenta que el metano tiene un potencial de calentamiento entre 23 y 25 veces superior al del dióxido de carbono y una vida media en la atmósfera que oscila entre 10 y 20 años, (Carro *et al.*, 2018), esta aseveración tiene similitud con lo establecido por Vargas *et al.* (2012), al señalar que el metano es un gas de efecto invernadero con 23 veces mayor potencial de calentamiento global que el dióxido de carbono y un tiempo de vida media de 10 años en la atmósfera.

Es oportuno destacar que las tasas de acumulación de metano y dióxido de carbono en la atmósfera han cambiado drásticamente en los últimos años presentándose un incremento de forma exponencial, donde cerca de 500 millones de toneladas métricas/año de metano ingresan a la atmósfera debido a actividades antropogénicas y fenómenos naturales, por lo que los animales domésticos aportan 80 millones de Ton/año a nivel mundial. (Carmona *et al.*, Ob. cit.). Prosiguiendo con el orden de ideas Solomon *et al.* (citado en Vargas *et al.*, 2012), menciona que la emisión de metano entérico representa un 30 % de las emisiones de metano de origen antropogénico y un 50% de las provenientes del sector agrícola, el cual guarda relación con lo citado por Benavides y León (2007), al decir que el efecto de las emisiones de metano por fermentación intestinal de los rumiantes es bastante grande a nivel global y se estima que esta fuente produce hasta el 37% del metano presente en la atmósfera.

Por otro lado las actividades antropogénicas que buscan establecer la seguridad alimentaria para la población son necesarias debido a que se deben de cumplir las expectativas de crecimiento de la población mundial, con previsiones de alcanzar cerca de 10 mil millones de personas en 2050, por lo que este reto es complejo y requiere una producción ganadera más eficiente y con menos emisiones contaminantes, tanto de gases de efecto invernadero como de sustancias que contaminen suelos y aguas.(Carro *et al.*, 2018),

En las generalizaciones anteriores se evidencia que la producción de alimentos es inevitable donde entra en juego el reto del aumento productivo de la agricultura y la ganadería, lo que traerá como consecuencia el aumento la emisión de gases de efecto de invernadero donde la producción pecuaria mediante los rumiantes genera un gas de efecto de invernadero como lo es el metano entérico el cual Mapana, citado en Carro *et al.* (Ob. cit.), aporta el 97,9 % de los GEI de la actividad agrícola.



De igual manera, Mapana, citado en Carro *et al.* (Ob. cit.), manifiesta que el metano de origen ganadero puede tener dos fuentes: 67,2 % que se procede de la fermentación digestiva de los alimentos y 32,8 % que se origina por la fermentación de estiércol, recalcando también que la mayoría del metano entérico, aproximadamente, el 94,0 % es producido por rumiantes, mientras el porcino es la especie que más contribuye con un 72,9 %; del metano generado a partir de estiércol.

Tomando en cuenta que la FAO (2019), al establecer las principales fuentes de los Gases de Efecto de Invernadero cataloga la fermentación entérica como el segundo aportador con un 45%, donde el almacenamiento y procesamiento de estiércol con un 10 %. Este órgano internacional determinó que las emisiones de GEI de todas las especies de ganado son significativas, pero están dominadas por las emisiones del ganado vacuno y la producción lechera que contribuyen, respectivamente, con el 45 y el 39 % de las emisiones de la ganadería, en gran parte debido a las emisiones de metano resultantes de la fermentación ruminal.

Con respecto a lo señalado por la FAO (Ob. cit.), se evidencia al ser afirmado por Benavides y León (2007), al aseverar que el desfogue del intestino de una vaca es tan perjudicial para el medio ambiente, que se estima que cada vaca produce 90 kilos de metano al año, lo que equivale, en términos energéticos, a 120 litros de gasolina. Con respecto a la influencia del metano entérico en la productividad Gerber *et al.* (citado en Carro *et al.*, 2018), menciona que es gas supone una pérdida de hasta el 12 % de la energía bruta ingerida por los rumiantes lo que provoca una disminución de la productividad y la eficiencia económica de las explotaciones.

Los alimentos balanceados como un mecanismo de reducción de metano.

La manipulación de la dieta de los rumiantes se considera una alternativa viable para aminorar la producción de metano y a la par disminuir las pérdidas energéticas en el animal. Esta alternativa toma mayor fuerza en las condiciones de trópico, donde la mayoría de los sistemas de producción ganadera tienen bajos rendimientos debido a las dietas de baja calidad. (Carmona *et al.*, 2005), demostrando que los países que puedan cumplir con una alimentación balanceada diezman la producción de metano entérico y los que no cumplen mantienen o aumentan su aporte a los gases de efecto de invernadero.

Lo anteriormente mencionado, fue señalado por Kinsman *et al.* (citado en Carmona *et al.*, Ob. cit.), al afirmar que las características de la dieta tienen un gran efecto en la producción de gas metano a nivel global, de ahí que países con pocas limitaciones alimentarias para sus



ganados, reportan datos de menores emisiones de gas metano y mayores eficiencias energéticas, por lo que los países en vía de desarrollo, las emisiones son aproximadamente de 55 kg CH₄/año por animal, en contraste a lo reportado en países desarrollados, de 35 kg CH₄/año por animal.

Por otro lado Carmona *et al.* (*Ob. cit.*), citan que existen suficientes evidencias que muestran que la tasa de emisión de metano, por fermentación entérica, se relaciona con el alimento consumido, aunado a esto también menciona que otros factores que influyen en su producción donde entran en juego las características físicas y químicas del alimento, lo que le da relevancia a la nutrición animal en relación a los aportes que se generan en la alimentación de los rumiantes mediante los nutrientes que deben ser establecidas en bases a sus necesidades.

Para Carmona *et al.* (*Ob. cit.*), la mejor forma de diezmar las características fermentativas a nivel ruminal, es mediante el mejoramiento de las características nutricionales del forraje y la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, resaltando que las dietas con altos contenidos de alimentos concentrados, generalmente disminuyen la producción de metano. La misma óptica mantienen Vargas *et al.* (2012), después de realizar una revisión de diferentes autores que se examinaban el tema relacionado a la producción de metano por los rumiantes, concluyendo que para establecer las estrategias de alimentación que permiten reducir las emisiones de metano se deben de analizar los factores del animal como la tasa de pasaje, consumo residual, entre otros y los factores de la dieta tomando en cuenta la alimentación concentrada y la inclusión de aditivos.

Bonilla y Lemus (2012), también le dan relevancia no solo al uso de concentrados altos en fibra para vacas lecheras, sino también a la implementación de sistemas estratégicos de suplementación, sistemas silvopastoriles, entre otros recalcando que se pueden mejorar las características de la fermentación ruminal, reflejándose en mayor productividad y generalmente en una disminución en las emisiones de CH₄.

La evidencia más relevante de la necesidad e importancia la presenta Kurihara *et al.* (citado en Carmona *et al.*, *Ob. cit.*), al establecer la relación lineal de la alimentación en relación a la ganancia de peso y la producción de metano, estableciendo la correlación existente entre la calidad de la dieta y la producción del metano entérico, donde además señalan que la asociación entre ganancia de peso y producción de metano es de tipo curvilíneo, sugiriendo, dietas con altos contenidos de alimentos concentrados para causar una reducción en el pH ruminal.



3. REFLEXIONES FINALES

En definitiva los especímenes del reino animal como los mamíferos, aves, peces, entre otros, tienen diferenciaciones en cuanto a su organización y al papel que desempeña el aparato digestivo de cada uno de ellos, es tanto así que existen especies donde su estómago se divide en cuatro cavidades o compartimentos los cuales son, retículo, rumen, omaso y abomaso, siendo esta característica tan marcada que los que las tienen se les denomina Rumiantes, en esta clasificación se encuentran las vacas, ovejas, cabras, entre otros. La característica más relevante en cuanto a los beneficios de los rumiantes es el uso de la celulosa de las plantas con baja digestibilidad como su principal fuente de alimento lo que le permite adaptarse a una gran variedad de dietas.

En cuanto al estómago de los rumiantes este se puede considerar un ecosistema complejo de microorganismos que intervienen en las diferentes etapas de la digestión, es tan inteligible el aparato digestivo de los rumiantes que el alimento ingerido debe experimentar una fermentación pregástrica. La mayor parte del alimento comido por los rumiantes pasa por un proceso de fermentación antes de quedar a disposición de los compuestos químicos, enzimas gástricas y entéricas que normalmente intervienen en las diferentes etapas de la digestión. Es conveniente establecer que dentro de los gases que se producen en el proceso ruminal se encuentra el metano entérico, el cual es generado principalmente por un complejo sistema simbiótico entre diferentes grupos de microorganismos metanogénicos denominados Archaea presentes a lo largo del tracto digestivo del rumiante mediante una fermentación anaeróbica en el retículo-rumen, fundamentalmente en el rumen que metaboliza los carbohidratos de la dieta, donde aproximadamente se produce entre el 85 % y el 95 % del CH_4 y el restante 5 o 15 % en el intestino grueso.

Continuando con el tema el metano tiene dentro de sus funciones la remoción de hidrógeno y forma parte de una pérdida directa de energía de los rumiantes por su alto equivalente calorífico. El CH_4 al igual que otras grandes cantidades de gases deben ser eliminados el cual lo realiza por otro mecanismo importante para los rumiantes como lo es el eructo o eructación que no es más que expulsión de gas en los rumiantes como medio normal de expeler productos de la fermentación, como bióxido de carbono y metano. El metano es un gas que forma parte de los gases de efecto de invernadero el cual es producido en forma natural y por las actividades antropogénicas de la humanidad, donde sus concentraciones son menores que los del dióxido de carbono, pero con la salvedad que el CH_4 es más perjudicial al poseer mayor potencial de calentamiento global y vida media en la atmósfera, pero esta relación de concentración con



respecto al CO₂ está cambiando debido al crecimiento exponencial que este gas está experimentado al irse incrementando producto de la necesidad de generar la seguridad alimentaria para humanidad.

Dentro de la emisión de metano entérico de origen antropogénico se encuentra el producido por las actividades de la humanidad dentro del sector agrícola, siendo la fermentación intestinal y el generado a partir de estiércol de los rumiantes la que tiene mayor generación en este sector, siendo la fermentación digestiva de los alimentos en que tiene mayor participación en la emisión de metano entérico, con respecto a estas algunas investigaciones aseveran que el desfogue del intestino de una vaca es tan perjudicial para el medio ambiente, que se estima que cada vaca produce 90 kilos de metano al año, lo que equivale, en términos energéticos, a 120 litros de gasolina, por otro lado otros autores citan que la productividad de los rumiantes se ve influenciada por la emisión del metano entérico provocando una disminución no solo en la productividad, sino también en la eficiencia económica de las explotaciones.

El manejo de la dieta de los rumiantes se contempla como una opción factible para mermar la producción de metano y a la vez reducir los detrimentos energéticos en el animal, manifestando que la dieta suministrada mediante la alimentación se debe basar en una integralidad del equilibrio de los nutrientes a suministrar, es tanto su influencia en la generación de CH₄ que en los países donde hay pocos inconvenientes para generar la parte equitativa de la necesidad de nutrientes se evidencia una reducción considerable en comparación a los países que presentan inconvenientes para establecer el balanceo.

Para algunos autores se evidencian diversas formas para paliar la producción de metano entérico en los rumiantes de los cuales se encuentran el uso de concentrados altos, implementación de sistemas estratégicos de suplementación, sistemas silvopastoriles, entre otros recalando, esto se debe básicamente a la relación lineal de la alimentación en relación a la ganancia de peso, donde el balanceo en la alimentación destacándose las dietas con altos contenidos de alimentos concentrados.



REFERENCIAS

Benavides, H., León, G. (2007). Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático. Bogotá, Colombia: IDEAM.

Bonilla, J., y Lemus, C. (2012). Emisión de metano entérico por rumiantes y su contribución al calentamiento global y al cambio climático: Revisión. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 3(2), 215-246.

Carmona, J., Bolívar, D., y Giraldo, L. (2005), El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. Revista Ciencias Pecuarias 18(1), 49-63.

Carro, M., Evan, T. y González, J. (2018). Emisiones de metano en los animales rumiantes: influencia de la dieta. Albéitar 220, 32-35.

FAO. (2009). Educación Alimentaria y Nutricional. Santiago de Chile: FAO.

FAO. (2019). Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: FAO.

Pond, W., Church, D., y Pond, K. (2002). Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. México: Editorial Llmusa, S.A.

Román, S., y Hernández, J. (2016). Producción y medición de metano (CH₄), en el ganado bovino. Technical Report. .Revista Ganadero, 16, 184-193.

Santacoloma, L. (2011). Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, RIAA 2(1), 55-64.

Vargas, J. Cárdenas, E. Pabón M. y Carulla, J. (2012). Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo. Arch. Zootec. 61(R), 51-66.