

GAS METANO EN LA PRODUCCIÓN GANADERA Y SU CONTRIBUCIÓN AL CALENTAMIENTO GLOBAL

METHANE GAS IN ANIMAL PRODUCTION AND THEIR CONTRIBUTION TO GLOBAL WARMING

Felipe Gutiérrez-Arce¹, Zulema Rojas-Vásquez²

RESUMEN

Esta revisión tiene como objetivo brindar información descriptiva recurrente a la influencia de la producción de gas metano animal sobre el calentamiento global.

Se sabe que la producción ganadera es una de las actividades productivas más fuertes en el planeta, por lo que es impensable su eliminación, dado que responde al hábito alimenticio de la gran mayoría de la población y sobre todo el enorme aporte que realiza a la economía de muchos países.

Así mismo, el calentamiento global es uno de los principales problemas ambientales hoy en día, y cada vez es más común su inserción en las agendas temáticas de reuniones y debates a nivel mundial. Sin embargo aún se percibe cierta tibieza para confrontar y empezar a solucionar este problema, debido quizá a la falta de profundización en el tema, especialmente en las posibles causas que podría estar originando y acentuando el calentamiento.

Es por ello que en este trabajo se busca analizar cuál es el verdadero aporte de la producción ganadera al calentamiento global y analizar si aún se lo puede considerar como permisible o no, siendo necesaria esta repuesta para tomar las medidas respectivas, y llegar a aportar soluciones eficientes.

Palabras clave: gas metano, calentamiento global, ganadería, emisión.

-
1. Ingeniero Zootecnista, Profesor de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos. Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca – Perú. felipe.gutierrez@upagu.edu.pe
 2. Ingeniero Zootecnista, Profesora de la Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos. Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Cajamarca – Perú NEC Proyecto Sierra Norte. Cajabamba. zulemarojasvasquez@hotmail.com

Recibido: 24/08/2014 **Aprobado:** 15/12/2014

Citar como: Gutiérrez-Arce F. Gas metano en la producción ganadera y su contribución al calentamiento global. Rev. Eco Scientia. 2014,1(2):26-35. Recuperado del Link OSS.

ABSTRACT

This review aims to provide recurring influence the production of animal methane on global warming descriptive information.

It is known that livestock production is one of the strongest productive activities on the planet, so it is unthinkable deletion, given that responds to dietary habits of the majority of the population and especially the enormous contribution made to the economy in many countries.

Likewise, global warming is one of the major environmental problems today, and it is increasingly common insertion into the thematic agendas of meetings and debates worldwide. But still some warmth is perceived to confront and begin to solve this problem, perhaps due to the lack of depth on the subject, especially in the possible causes that could be causing and accentuating heating.

That is why in this paper attempts to analyze what the real contribution of livestock production to global warming and further analyze whether it can be considered as permissible or not, this response still required to take the respective measures, and able to deliver solutions efficient.

Keywords: methane gas, global warming, livestock, emission.

INTRODUCCIÓN

Las actividades antropogénicas contribuyen en un 70 % a las emisiones globales de gas metano (CH_4). También debemos tomar en cuenta otros gases perjudiciales para el ambiente, como el dióxido de carbono (CO_2) y el óxido nitroso (N_2O) y dentro de las actividades realizadas por el hombre, son la agricultura y la ganadería, de las principales actividades que contribuyen a la producción y emisión de estos gases a la atmósfera (Primavesi et al., 2004). Al mismo tiempo, al elevarse la concentración de estos gases, provoca el calentamiento de la superficie de la tierra y el agotamiento de la capa de ozono en la estratosfera.

El CH_4 , tiene veinte veces mayor capacidad que el CO_2 para almacenar calor en la atmósfera, por lo cual se consideran a los rumiantes como importantes emisores de gases que contribuyen a acelerar el efecto invernadero (Arcuri et al., 2006). Además se sabe que son la tercera fuente de CH_4 más grande a nivel mundial (EE.UU., 2000).

Y son sobre todo los países desarrollados lo que han sido identificados como los principales responsables de la situación actual de la atmósfera del planeta. Sin embargo, los países en desarrollo también se ubican como los principales emisores de gases de efecto invernadero, sobre todo aquellos situados en la región tropical (aportan 15 % al calentamiento), ya que las condiciones climáticas de la región aumentan en gran medida el potencial de emisión de CH_4 , (Cotton y Pielke, 1995).

Por ello que el objetivo general de esta revisión fue estudiar cuál es el impacto de las emisiones de gas metanos por parte de la actividad productiva ganadera. A partir de estos conocimientos se podrán, a futuro, proponer alternativas eficientes de solución.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Gases del efecto invernadero y calentamiento global

Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) (2001), los gases de

efecto invernadero son aquellos cuyo origen puede ser natural o antrópico; y es debido a sus propiedades de absorción de radiación infrarroja proveniente de la luz solar y a su baja emisión de la energía calórica hacia el exterior de la capa atmosférica, que son la causa del denominado efecto invernadero en la Tierra.

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) directos considerados dentro de los estudios de emisiones del IPCC son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) y óxido nitroso (N_2O), y los GEI indirectos son monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), halocarburos (HFC, PFC), hexafluoruro de azufre (SF_6) y dióxido de azufre (SO_2) (Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE], 2011). Y Carmona, J.C. (2005) indica que dentro de la gama de gases a los que se les atribuye efecto invernadero, se considera el CO_2 el más abundante y el que actualmente tiene un mayor aporte al incremento del calentamiento global.

Los GEI son esenciales e imprescindibles para la presencia de vida en el planeta, pues estos mantienen una temperatura global de $15\text{ }^\circ\text{C}$ al absorber la energía calórica que llega a la Tierra (Colque y Sánchez, 2007). Pero el aumento de las concentraciones de estos gases como el metano (CH_4), dióxido de carbono (CO_2) y óxido nitroso (N_2O) provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera (Primavesi *et al.*, 2004).

Según la FAO (2009), el sector pecuario aporta a la emisión de gases a la atmósfera, mediante la respiración de los animales, la misma que constituye una mínima parte de la liberación neta de carbono atribuible a este sector. Mientras que de manera indirecta, la liberación neta de carbono

es mucho causado por muchos procesos, entre ellos:

1. Quema de combustibles fósiles destinados para producir fertilizantes minerales destinados para la producción de piensos.
2. Liberación de metano procedente de la descomposición de los fertilizantes y del estiércol animal.
3. Cambios en el uso de la tierra para expansión de pastos y cultivos forrajeros.
4. Degradación de la tierra.
5. Uso de combustibles fósiles en la producción pecuaria y en la producción de piensos.
6. Uso de combustibles en la producción y transportes de productos animales elaborados y refrigerados.

En el caso de Perú, la contribución que hace a las emisiones de GEI globales es menor al 1 %; Sin embargo, el país evidencia un crecimiento económico ligado al aumento de sus emisiones de dióxido de carbono (CO_2) y otros Gases de Efecto Invernadero causantes del cambio climático, que son derivados del incremento poblacional, patrón de producción y consumo, uso energético, deforestación, entre otros factores. En este país, las mayores emisiones de GEI provienen de la deforestación de la Amazonía. Consecuentemente, las emisiones de GEI al año 2009 ascienden a 138 millones de toneladas de CO_2 , equivalente (MTCO₂eq.), reflejando un aumento de 15 % en las emisiones con respecto al año 2000, que se explica principalmente por el aumento en la producción, el cambio en la matriz energética, el consumo de la flota automotriz, el incremento de los residuos sólidos urbanos, entre otros factores. Como se muestra en la Figura 1 el sector Forestal sigue siendo la fuente predominante de emisiones de GEI en el país, representando al 2009 un 40,9 % del total (www.planccperu.org, 2013).

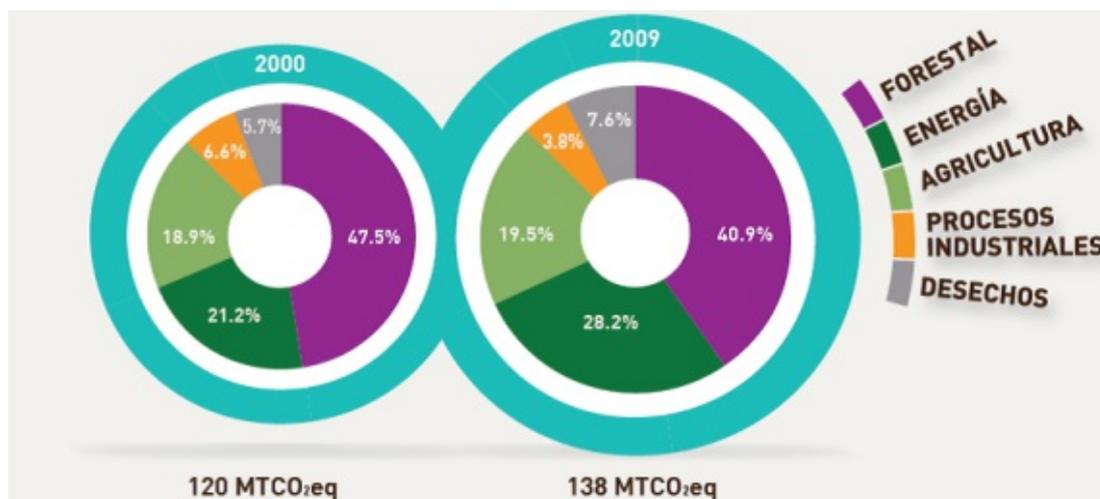


Figura 1: Distribución de emisiones de GEI por sector en el Perú. Comparación entre el año 2000 y 2009.

Fuente: <http://www.planccperu.org/>

Continuando en el Perú, según el Inventario Nacional de Emisiones de Gases Efecto Invernadero del año 2000 (figura 2), comparado con las emisiones reportadas en 1994, hemos crecido significativamente, en un 21 %; siendo la deforestación de la Amazonía para ampliar la frontera agrícola, la principal fuente de emisiones de GEI a nivel nacional. La segunda fuente de emisiones en el país, corresponde al sector Energía, siendo la actividad principal el transporte terrestre. La tercera categoría que

contribuye al total nacional de emisiones de GEI está representada por Agricultura, con dos fuentes importantes: fermentación entérica y suelos agrícolas por emisión de N₂O. La cuarta categoría de contribución está representada por los procesos Industriales, cuya fuente principal es la producción de metal procedente de las emisiones de producción de hierro y acero. Finalmente, la sexta categoría corresponde a los desechos con su principal fuente residuos sólidos (MINAM, 2009).

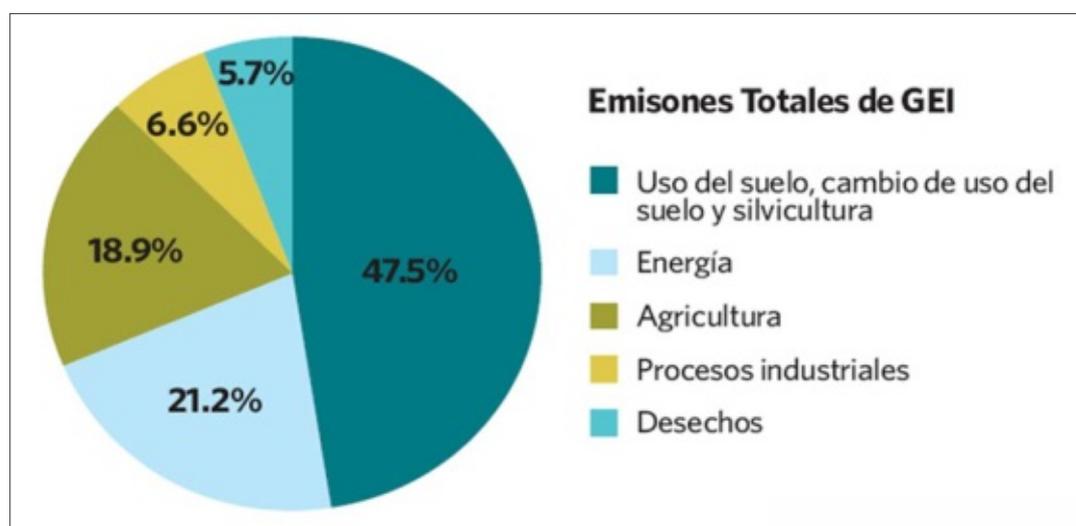


Figura 2: Emisiones totales de GEI en el Perú.

Fuente: MINAM, 2009,

De manera general, se han hecho estimaciones del efecto relativo de los diferentes gases en el balance radiativo de la tierra, con ayuda de modelos de circulación general de la atmósfera. Las primeras estimaciones indicaban aumentos de 4 a 5 °C en las temperaturas y, de 8 a 15 % en las lluvias. Valores más recientes dados por el IPCC (CORINE, 1994) indican incrementos de temperatura cercanas a 1,5 °C, desde la actualidad al año 2060 (Reilly, 1995). Otro antecedente lo proveen mediciones de la radiación de onda larga que escapa al espacio, realizado desde 1985 por el satélite ERBE (Raval y Ramanathan, 1989). Estas mediciones indican que la atmósfera tiene un efecto invernadero, efecto que hace posible el tener una temperatura media de 15 °C en la tierra y sin él sería de - 18 °C; pero estas no establecen el origen del efecto solo indican que la atmósfera es la causante.

Colque y Sánchez (2007) describen perfectamente el problema, al afirmar que gran parte del acrecentamiento significativo a las emisiones de GEI de origen antrópico se le atribuye a las emisiones exageradas de los GEI que tienen su origen desde finales del siglo XIX, cuando tuvo el auge la Revolución Industrial.

Hoy día las concentraciones de CH₄ son inferiores a las de CO₂, sin embargo el primero se está incrementando rápidamente y además posee un efecto de 21 a 30 veces más contaminante con respecto al CO₂, considerándose que en el tiempo el metano pueda ser predominante (Kruger, 2000; McCaughey *et al*, 1997). Aunque Ciesla (1996) afirma que la tasa de incremento del metano ha disminuido desde 1970 en adelante desde 20 partes por miles de millones en volumen por año, a la mitad en 1992. Sin embargo, Preston, T.R. y Leng, R.A. (1989), menciona 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. Y Bonilla y Lemus (2012) afirma que la cantidad de gases del efecto invernadero

liberados mediante la actividad humana se ha incrementado de manera significativa en los últimos años, lo cual está propiciando la amplificación del efecto invernadero natural y el cambio climático global. Al respecto, Amthor (1998) muestra que datos de los últimos 1000 años, nos señalan que la concentración del CO₂ ha aumentado de 280 a más de 360 mg kg⁻¹ en 200 años y que más del 50 % del cambio se ha producido después de 1950, con una tasa de alrededor de 0,8 mg kg⁻¹ por año. El IPCC (1996) estima algunos valores y proyecta un aumento de 1,5 °C entre el año 2000 al 2060. El IPCC dejó en claro que las actividades humanas tienen un efecto directo sobre las concentraciones, distribución y el ciclo de vida de estos gases. Al comparar las concentraciones de CO₂, CH₄ y N₂O en la atmósfera desde 1750 a 1998, se encontraron incrementos de 30, 145 y 13 %, respectivamente (Follett, 2001). Sin embargo, no todos los gases con efecto invernadero poseen igual capacidad para calentar la atmósfera, tanto por su poder intrínseco para absorber radiación como por su vida media en la atmósfera. Así se ha desarrollado una escala relativa que compara los diferentes gases con el CO₂. De acuerdo, si el CO₂ tiene un poder o potencial de calentamiento igual a 1, el metano tiene 11, los óxidos de N un 320 y los CFC entre 1300 a 4000 (Ciesla, 1996). En Estados Unidos la actividad agrícola contribuye con las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera a través de la combustión del petróleo, fabricación de productos químicos, los procesos de erosión del suelo, y las pérdidas de la materia orgánica de suelos nativos. De ahí que las emisiones de CO₂ en la agricultura de los Estados Unidos es cercana a 42,9 MMTC año⁻¹ (millones de toneladas métricas de carbono equivalente por año), esto fue estimado por Lal *et al* (1998).

En Ecuador, en las últimas recomendaciones para realizar los inventarios nacionales, el PICC (2006) ha clasificado a las actividades en: 1) energía; 2) procesos industriales y uso de productos; 3) agricultura, forestación, y otros usos de la tierra; y 4) residuos.

En el año 1938, Callendar sugirió por primera vez la teoría del cambio climático por efecto del CO₂ (Gates, 1965). Actualmente se incluyen otros gases como: metano, óxidos de N y los compuestos volátiles no metanos (COVNM). En general, el efecto invernadero se atribuye al aumento de las concentraciones de gases que atrapan la energía electromagnética emitida por la superficie de la tierra y esto tendría un impacto sobre el clima del planeta. Este hecho se sustenta en que la tierra mantiene su balance térmico emitiendo energía, día y noche, en forma de radiación electromagnética. Así, por este proceso, gran parte de la energía solar incidente durante el día y absorbida por la superficie de la tierra, es disipada. Esta emisión se produce principalmente en la banda de 4000 a 15000 nm. Algunos gases de la atmósfera, tales como el metano, son capaces de atrapar estas radiaciones. Al hacerlo, se calientan y re-emiten una parte de ella hacia la tierra (Novoa *et al.*, 2000). El efecto neto de estos procesos es el aumentar la temperatura de la atmósfera cerca de la superficie de la tierra, pero enfría su parte alta, la estratósfera. Como el efecto que se presenta es semejante a un invernadero, se habla de gases con efecto invernadero. Shaw *et al.* (2002) afirma que la preocupación por este efecto no sólo es producto de las temperaturas, sino también consecuencia de las alteraciones de las precipitaciones y evaporaciones asociadas, lo que indudablemente producirá cambios en la distribución geográfica de los cultivos, en su producción y en los niveles de los mares.

Producción ganadera animal y calentamiento global

El término ganadería bovina incluye una variedad de sistemas productivos manejados por distintos grupos sociales, situados en distintos biomas terrestres y por lo tanto enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales (Murgueitio y Calle, 1998). En América tropical la mayor proporción de ecosistemas naturales transformados se encuentra

en sistemas ganaderos de pastoreo y suman en la actualidad 548 millones de hectáreas (33 % de la región y 11% de las tierras agrícolas del mundo). Esto significa que el 77 % de la frontera agropecuaria (agroecosistemas) son sistemas destinados al pastoreo de animales domésticos con predominio de los bovinos sobre otras especies como ovinos, equinos, cabras y búfalos (FAO 1996).

La ganadería se practica muchas veces en sitios inapropiados lo que promueve la degradación ambiental, como en la Amazonia donde ya un 35% de las pasturas están abandonadas ante el fracaso económico y los suelos improductivos (Da Silva *et al.*, 1996). En América Central las pasturas se degradan en una alta proporción (> 40 %) y son dominadas por especies nativas de baja calidad y productividad, con cargas animales inferiores a 0,7 UA ha⁻¹ (Szott *et al.* 2000). Un fenómeno similar ocurre en grandes áreas de Sudamérica. La degradación de pasturas está asociada con baja eficiencia de producción, pérdida de biodiversidad y emisiones de gases de calentamiento global (Kaimowitz, 1996).

Un estudio realizado en Europa concluyó que los rumiantes producen la tercera parte del metano liberado a la atmósfera. Se calcula que cada vaca emite unos 150 kilos de metano al año. Ello a partir de que las vacas producen gas metano cuando digieren su alimento, debido a que no poseen aire en sus estómagos y, por lo tanto, tampoco oxígeno. Pero sí tienen bacterias, y ahí está el gran problema. Estos pequeños organismos transforman químicamente la materia -al igual que cuando nosotros comemos-, con la diferencia de que allí producen metano. China es el país con mayor emisión nacional de metano procedente del estiércol (3.84 millones de toneladas de CH₄), principalmente de la producción porcina, que representa el 83.3 % de este tipo de emisiones. El segundo lugar lo ocupa Estados Unidos, con aproximadamente 1.9 millones de toneladas (FAO, 2009).

Sin embargo, la agricultura, al nivel mundial, es responsable de solo un 20 % de las emisiones antropogénicas de gases con efecto invernadero, pero la importancia relativa de sus emisiones de metano es más alta que la de otras fuentes (Novoa *et al.*, 2000). El mismo autor afirma que desde el punto de vista de la agricultura, las emisiones de CO₂ no son un problema, ya que se estima que para períodos de un año las emisiones se compensan con las captaciones. Sin embargo hay estimaciones, según las cuales, del aumento total de la radiación anual forzada por efecto del CO₂, el proveniente de la agricultura solo sería responsable de un 4 % de ese aumento y el resto proviene de los cambios de uso del suelo (12 %) y de otras fuentes (54 %), principalmente el sector energético (Novoa *et al.*, 2000).

Según Ciesla (1996), esta situación se revierte al hablar del metano, ya que producen emisiones netas. La situación del metano es la siguiente: la concentración de metano ha aumentado de 0,8 partes por millón en volumen (ppmv) en 1850 a 1,7 ppmv en la actualidad. Pero su tasa de incremento ha disminuido desde 1970 en adelante desde 20 partes por miles de millones en volumen por año, a la mitad en 1992. Y a pesar de manejar muchas hipótesis, aun no se sabe con exactitud el porqué de este descenso.

Sanghi *et al.* (1997) utiliza la evidencia disponible sobre el efecto de los gases invernadero en el cambio climático para estimar los impactos de este en la agricultura. Novoa *et al.* (2000), citando a Innes y Kane (1995) presenta un resumen de las conclusiones de diversos trabajos:

1. Las estimaciones dependen del modelo de circulación de la atmósfera que se use, variando en órdenes de magnitud para los diferentes modelos (Reilly, 1995).
2. Los países en desarrollo sufrirían impactos potencialmente mayores (Kaiser y Crosson, 1995).
3. La adaptación de los agricultores al cambio climático puede reducir los costos asociados,

ya que hay disponibilidad de nuevas prácticas de cultivo posibles de ser adoptadas (Kaiser y Crosson, 1995).

4. Dado que el sector agrícola participa en una pequeña parte de la economía, en especial en países desarrollados, los impactos de la acumulación de gases con efecto invernadero en la agricultura serán pequeños, medidos en relación a la actividad económica general (Kaiser y Crosson, 1995).
5. El beneficio económico del aumento de CO₂, que aumenta la producción agrícola por aumento de la fotosíntesis, puede ser importante en balancear otros costos. Pero este beneficio debe ser bien evaluado, en relación a otros, para no sobreestimarlos.
6. Las innovaciones inducidas en respuesta al cambio de condiciones climáticas puede, potencialmente, mitigar los efectos adversos en la agricultura.
7. Como los cambios previstos son desfavorables a la agricultura en algunas regiones, por mayores temperaturas y disminución de las lluvias en zonas áridas, por ejemplo, o favorables por aumento de temperaturas en zonas frías con suficiente agua, se piensa que al nivel de la tierra en su conjunto el impacto será poco o nulo, pero al nivel local puede ser grande.

Para Oriz *et al.* (2014) el metano producido por la fermentación entérica de los rumiantes es uno de los gases efecto invernadero que afecta adversamente el balance energético del animal. Por ser un producto de la degradación ruminal del alimento, las estrategias tendientes a su reducción implican alterar los patrones de fermentación y minimizar la producción de hidrógeno. No en vano la actividad ganadera ha sido cuestionada por su contribución a las emisiones antropogénicas de GEI: CH₄, CO₂ y N₂O, los cuales provocan el calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono (Primavesi *et al.* 2004). Esta actividad contribuye con 15-20 % de la emisión de CH₄ (IPCC, 2001), gas con 23 veces mayor potencial de

calentamiento que el CO₂ y una vida media de 10 años en la atmósfera (Vargas *et al* 2012). Además, la producción de este gas puede representar entre 2 y 12 % de la energía consumida por los rumiantes (Johnson y Johnson, 1995).

Se ha indicado también que cuando el estiércol del ganado se maneja de forma líquida en lagunas, estanques o pozos, se promueven condiciones anaeróbicas que facilitan la liberación del metano (FAO, 2009). Sumado a esto, Bonilla y Lemus, (2012) afirman que factores como la composición de la dieta de alimentación del ganado, la frecuencia de alimentación, el procesamiento previo del alimento y la digestibilidad del alimento, son los de mayor incidencia en la relación con la producción de CH₄ de los rumiantes.

Bonilla y Lemus (2012) proponen diversas estrategias para reducir la metanogénesis, entre ellas, la manipulación de la dieta de los rumiantes, con el objetivo de modificar la fermentación ruminal, inhibiendo directamente los microorganismos metanogénicos y protozoarios, o desviando los iones hidrógeno (H₂) (Sharma, 2005). Al respecto, sabemos que la optimización de la productividad por unidad de alimento consumido constituye la aproximación más importante para reducir la emisión entérica de CH₄ a nivel mundial, toda vez que la mayoría de los rumiantes se encuentra en deficientes condiciones nutricionales (Leng, 2014). En este sentido es necesario implementar estrategias de alimentación que permitan aumentar la eficiencia productiva al tiempo que se reducen los impactos ambientales de la producción ganadera, lo que resulta en menor emisión de metano por unidad de producto generado (Oriz *et al.*, 2014).

CONCLUSIONES

Los GEI considerados y más conocidos son: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), y los GEI indirectos son monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x),

compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), halocarburos (HFC, PFC), hexafluoruro de azufre (SF₆) y dióxido de azufre (SO₂).

Los GEI son esenciales e imprescindibles para la presencia de vida en el planeta, pero el aumento de sus concentraciones provoca un calentamiento de la superficie terrestre y la destrucción de la capa de ozono.

En el Perú, la contribución que hace a las emisiones de GEI globales es menor al 1 %; sin embargo, el país evidencia un crecimiento económico ligado al aumento de sus emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros GEI.

La producción ganadera es una de las principales responsables del calentamiento global, debido a que producen la tercera parte del metano liberado a la atmósfera. Ello a partir de que las vacas producen gas metano cuando digieren su alimento, debido a que no poseen aire en sus estómagos y, por lo tanto, tampoco oxígeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amthor, J.S. 1998. Perspective on the relative insignificance of increasing atmospheric CO₂ concentration to crop yield. *Field Crop Research*, 58:109-127.
- Arcuri, P.B.; Ferraz, F.C.; Carneiro, J.C. 2006. Microbiología do rúmen. En: Berchielli, T.T.; Pires, A.V.; Oliveira, S.G. editores, *Nutrição de ruminantes*. FUNEP, Sao Paulo, Brasil. p. 111-150.
- Bonilla, J.A.; 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.C. 2005. El gas metano en la producción ganadera y alternativas para medir sus emisiones y aminorar su impacto a nivel ambiental y productivo. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, v.18, p.49-63.

- Ciesla, W.M. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal. Una visión de conjunto. FAO. Estudio FAO Montes 126. Roma, Italia. 146 p.
- Colque, T.; Sánchez, V. 2007 (marzo). Los Gases de Efecto Invernadero: ¿Por qué se produce el calentamiento global? Recuperado el 26 de Junio de 2013, de http://www.labor.org.pe/descargas/1ra%20publicacion_%20abc%20c.pdf.
- CORINE. 1994. Coordination of information on the environment. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero. CORINE - AIRE e IPCC. Madrid, España. 250 p.
- Cotton, W.R.; Pielke, R.A. 1995. Human impacts on weather and climate Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 288 p.
- Da Silva, J.M.; Uhl, C.; Murray, G. 1996. Plant succession, landscape management, and the ecology of frugivorous birds in abandoned amazonian pastures. *Conservation biology* 10(2):491-503.
- Estados Unidos. Environmental Protection Agency. 2000. Evaluating ruminant livestock efficiency projects and programs. In: PEER review draft. Washington: Environmental Protection Agency. 48 p.
- Follett, R.F. 2001. Soil management concepts and carbon sequestration cropland soils. *Soil and Tillage Research*, 61: 77-92.
- Gates, D.M. 1965. Energy exchange in the biosphere. New York, USA. Harper and Row, 151 p.
- Innes R.; Kane, S. 1995. Agricultural impacts of global warming. *Amer. J. Agr. Econ.* 77: 747-750.
- IPCC. 1996. Intergovernmental panel for climatic Change. Climate Change 1995. The science of climate change. Contribution of working group I to the second assessment report of the Intergovernmental Panel for Climate Change. Houghton, J.T. (Ed.). Cambridge, United Kingdom. Cambridge.
- Johnson, K.A.; Johnson, D.E. 1995. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science*, 73:2483-2492.
- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America in the 1980s and 1990s: A Policy Perspective. CIFOR, Jakarta, Indonesia. 88 p.
- Kaiser, H.M.; Crosson, P. 1995. Implications of climate change for U.S. Agriculture. *Amer. J. Agr. Econ.* 77:734-740.
- Kruger, D. 2000. The Prominent Role of Methane in Addressing Global Climate Change. USEPA. Methane y Sequestration Branch. Washington D.C.
- Lal, R.; Kimble, J.; Follet, R.; Cole, C.V. 1998. The potencial of U.S. crop land to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. Sleeping Bear Press, Chelsea. MI.
- Leng, R.A. 2014. Interactions between microbial consortia in biofilms: a paradigm shift in rumen microbial ecology and enteric methane mitigation. *Animal Production Science*, 54:519-543.
- McCaughey, W; Wittenberg, K; Corrigan, D. 1997. Methane production by steers on pasture. *Can J An Sc.* 76(3):519-524.
- Ministerio de Ambiente del Ecuador [MAE]. 2011 (enero). Segunda Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático. Recuperado el 20 de Junio de 2013, de <http://derechosybosques.com/wp-content/uploads/2011/04/Segunda-Comunicacion-Nacional-sobre-Cambio-Climatico-1.pdf>.
- Ministerio del Ambiente – MINAM – Perú. 2013. El inventario de GEI del 2000. Recuperado el 16 de febrero de 2015, de <http://cambioclimatico.minam.gob.pe/mitigacion-del-cc/los-niveles-de-emisiones-del-peru/el-inventario-de-gei-del-2000/>.
- Murgueitio, E.; Calle, Z. 1999. Diversidad Biológica en Sistemas de Ganadería Bovina en Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal 143. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación -FAO, Roma. pp 53-72.
- Novoa, R.; Gonzáles, S.; Rojas, R. 2000. Inventario de gases con efecto invernadero emitidos por la actividad agropecuaria

- chilena. *Agricultura Técnica (Chile)* 60 (2): 154-165.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 2009. En H. Steinfeld, P.; Gerber, T.; Wassenaar, V.; Castel, M.; Rosales, C. d. Haan. *La larga sombra del Ganado, problemas ambientales y opciones*. Pág 89.
 - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO. 1996. *Producción de alimentos e impacto ambiental*. En: Documentos técnicos de referencia. FAO, Roma.
 - Ortiz D.M.; Posada S.L.; Noguera R.R. 2014: Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 26, Article #211. Recuperado el 16 de febrero de 2015, de <http://www.lrrd.org/lrrd26/11/orti26211.html>
 - IPCC. 2001. Recuperado el 23 de Junio de 2013, de <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar>.
 - IPCC. 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponible en <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
 - Planificación ante el Cambio Climático – Plan CC. 2013. *Actualización del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero al año 2009*. Recuperado el 16 de febrero de 2015, de http://www.planccperu.org/IMG/pdf/actualizacion_del_inventario_29-08-2013.pdf.
 - Preston, T.R.; Leng R.A. 1989. *Friendly development*. *Livestock Research for Rural Development*, 1(1), November, 1989. URL: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/preston.htm>.
 - Primavesi, O.; Shiraiishi, R.T.; Dos Santos, M.; Aparecida, M.; Teresinha, T.; Franklin, P. 2004 (marzo). *Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras*. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.39, n.3, p.277-283.
 - Raval, A.; Ramanathan, V. 1989. *Observational determination of the greenhouse effect*. *Nature* 342: 758-761.
 - Reilly, J. 1995. *Climate change and global agriculture: recent findings and issues*. *Amer. J. Agr. Econ.* 77: 727-733.
 - Sanghi, A.; Alves, D.; Evenson, R.; Mendelsohn, R. 1997. *Global warming impact on Brazilian agriculture: estimates of the Ricardian model*. *Economía aplicada* 1(1): 7-33.
 - Sharma, R.K. 2005. *Nutritional strategies for reducing methane production by ruminants*. *Indian Journal Research* 4 (1).
 - Shaw, R.M.; Zavaleta, E.; Chiariello, N.; Cleland, E.; Moonney, H.; Field, C. 2002. *Grassland responses to global environmental change suppressed by elevated CO₂*. *Science* 298: 1987-1990.
 - Szott, L.; Ibrahim, M.; Beer J. 2000. *The Hamburger Connection Hangover: Cattle, Pasture Land Degradation and Alternative Land Use in Central America*, CATIE-DANIDA-GTZ, Turrialba, Costa Rica.
 - Vargas, J.; Cárdenas, E.; Pabón, M.; Carulla, J. 2012. *Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo*. *Archivos de Zootecnia*, 61(R): 51-66.

Correspondencia:**Autor:** Felipe Gutierrez-Arce**Dirección:****Email:** felipe.gutierrez@upagu.edu.pe