

## Capítulo XXXVIII

### **Los bovinos a pastoreo contribuyen más al calentamiento global**

**Omar Araujo-Febres**

Los rayos solares atraviesan la atmósfera; una parte es reflejada al espacio y otra es reflejada de la superficie de la tierra – la radiación de onda larga – ésta es atrapada en la atmósfera y produce calentamiento: el efecto invernadero. Las actividades antropogénicas han generado un aumento de esos gases, especialmente CO<sub>2</sub> (Montenegro *et al.*, 2010; Place & Mitloehner, 2010). La temperatura del planeta es más o menos estable, gracias a los gases de efecto invernadero (GEI) los cuales son esenciales para mantener la vida en la tierra, ya que sin ellos el planeta estaría congelado todo el tiempo (Moss *et al.*, 2000). Son conocidos como gases de efecto invernadero el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los gases industriales sintéticos fluorados (CFC, HFC, PFC, SF<sub>6</sub>, etc.) y el propio ozono (O<sub>3</sub>) (Martínez Linares, 2009). En este Capítulo se busca ofrecer una visión actualizada de la influencia de los animales domésticos sobre el cambio climático a nivel mundial.

### **LOS SISTEMAS AGRÍCOLAS Y EL CAMBIO CLIMÁTICO**

Las actividades agropecuarias están influenciando el cambio climático y a su vez el cambio climático afecta los sistemas agrícolas. Se estima que el 30% de los gases son producidos por el cambio de uso de suelos (Montenegro & Abarca, 2002). La producción de metano y CO<sub>2</sub> por los rumiantes y de amonio por los cerdos y aves han generado una creciente preocupación acerca de la contaminación atmosférica y el calentamiento global.

El metano afecta el clima porque interactúa directamente con las ondas largas infrarojas e indirectamente mediante reacciones de oxidación en la atmósfera para producir CO<sub>2</sub>, el cual es un potente gas de invernadero (Johnson & Johnson, 1995). Khahil *et al.* (1993) midieron la concentración de metano durante trece años (1979-1992) y encontraron un incremento de 11,9%. El metano atrapado en el hielo polar muestra que el metano atmosférico permaneció más o menos constante a 750 ppb hasta hace unos 100 años, alcanzando en los años recientes aproximadamente 1,800 ppb (Khahil *et al.*, 1993). El amonio es la principal fuente de la deposición total de nitrógeno

no y es reponsable por la eutroficación de los ecosistemas acuáticos y terrestres. La producción de amonio está vinculada con la fabricación de fertilizantes, de coque, la quema de combustibles fósiles, los métodos de refrigeración y la ganadería, siendo las deyecciones ganaderas y la producción de fertilizantes, las que producen cerca del 90% de las emisiones totales de amoníaco (Phillips, 1995).

## TEMPERATURA

La temperatura está siendo monitoreada instrumentalmente (Figura 1) desde hace más de un siglo (Hansen *et al.*, 2006). La década 2000-2009 ha sido la de mayor temperatura promedio; en todo el mundo se están estableciendo máximos históricos: Pakistán registró el record de Asia para la temperatura más alta de la historia, alcanzando 53,5°C el 26 de mayo (Biello, 2010) y así en 17 países más. También se han incrementado las precipitaciones, se ha ampliado la presencia y fuerza de los huracanes; aumento de la temperatura y aumento de la acidez de los océanos, relacionados con un ascenso en la presencia de CO<sub>2</sub> disuelto en agua; reducción de la capa de hielo y cambios en los patrones de migración de la aves (U. S. EPA, 2010).

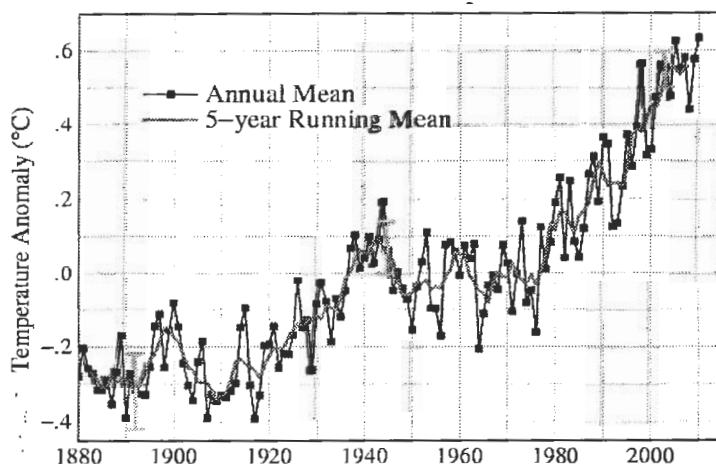


Figura 1. Incremento de la temperatura global de la tierra y del océano en los últimos 130 años. (Fuente: Hansen *et al.*, 2006).

La combinación de los sistemas de producción ganadera y forestales en sistemas silvopastoriles podría ayudar a disminuir dichas emisiones dada la habilidad de los vegetales para fijar carbono, y de esa manera tener sistemas de producción pecuaria más amigables con el ambiente (Montenegro & Abarca, 2002; Messa, 2009).

La capacidad de calentamiento del metano es 21 veces mayor que la del CO<sub>2</sub>, mientras que la del N<sub>2</sub>O es 310 (Adhikari *et al.*, 2006; Place & Mitloehner, 2010). Se estima que para el año 2030 el planeta será de 1 a 2°C más caliente que hoy, y aceptando un buen grado de imprecisiones, el rango podría estar entre 0,5 a 2,5°C (Moss *et al.*, 2000). Este aumento de la temperatura va a alterar el rango de enfermedades que amenazan a los animales o la salud humana, tales como la malaria, enfermedad del sueño y

de otras infecciones que afectan la disponibilidad de recursos humanos para el sector agrícola (Gworgwor *et al.*, 2006).

## SUELOS

La materia orgánica del suelo es el principal depósito de carbono en el suelo (Wang, 2009). El contenido de carbono del suelo, tanto en las praderas como en los bosques se ha estimado en 70 t/ha (Wang, 2009), mientras que otros autores estiman que el contenido de carbono en los suelos tropicales varía de acuerdo a su textura y mineralogía entre 150 a 300 t/ha (Robert, 2002). Ibrahim *et al.* (2007) citan valores intermedios para los bosques húmedos de Centroamérica, con valores de carbono entre 111,4 a 137,8 t/ha en Costa Rica; 145,6 y 183,2 t/ha en Nicaragua y 104,80 t/ha en Guatemala.

La agricultura moderna es a expensas del ambiente, y las contaminaciones que producen imponen una mayor amenaza para la seguridad alimentaria y la salud humana (Wang, 2009). La agricultura ocasiona un efecto negativo en el suelo, en el agua y en la atmósfera. La deforestación genera una pérdida de 40 y 50% de la biomasa y de carbono en unas pocas décadas, pero la mitad se pierde en cinco años (Robert, 2002). Inevitablemente ocurren pérdidas de nutrientes, como el nitrógeno (N), fósforo (P), a veces de potasio (K), importantes contaminantes del suelo y el agua; y los gases de efecto invernadero: el metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), con su precursor amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) (Tamminga, 2006). Sin embargo, se han realizado experimentos donde se ha demostrado que los sistemas orgánicos y sostenibles ayudan a mejorar los suelos mediante la acumulación de materia orgánica y carbono en el suelo (Robert, 2002).

## PRODUCCIÓN DE METANO

El metano es un potente gas de invernadero generado como subproducto de la fermentación en el rumen (Beauchemin *et al.*, 2008). El metano es producido por anaerobios estrictos que pertenecen al sub-grupo del dominio Arquea (Moss *et al.*, 2000) y representa cerca del 6% de la energía consumida (Johnson & Johnson, 1995). Las emisiones de metano por la fermentación entérica de los rumiantes han sido motivo de preocupación para la industria agrícola en los últimos años debido a su contribución al calentamiento global (McGeough *et al.*, 2010a). Las emisiones de metano son posibles y deseables porque el metano tiene una capacidad de calentamiento mayor, y una corta vida media en la atmósfera (Johnson & Johnson, 1995). La creciente concentración de metano se correlaciona con el aumento de la población; en la actualidad alrededor del 70% de la producción de metano proviene de fuentes antropogénicas y el resto de fuentes naturales (Gworgwor *et al.*, 2006).

La producción de metano en los rumiantes depende de dos factores: la eficiencia de la digestión fermentativa en el rumen y la eficiencia de conversión de alimento en producto (por ejemplo, leche, carne, animales de tiro), que a su vez dependen del equilibrio de los nutrientes absorbidos. El acetato y el butirato promueven la producción de metano, mientras que la formación de propionato puede considerarse como una vía competitiva para el uso de hidrógeno en el rumen (Gworgwor *et al.*, 2006).

Las estimaciones de producción anual son de 60 a 71 kg de metano por vaca de carne y en las vacas lecheras de 109 a 126 kg (Johnson & Johnson, 1995). La cantidad de  $\text{CH}_4$  emitido por animal varía ampliamente debido a numerosos factores, consumo de materia seca (MS), la cantidad y el tipo de carbohidratos en la dieta, tratamiento y calidad del forraje, lípidos en la dieta y el suministro de aditivos (antibióticos, aceites esenciales) que pueden alterar las poblaciones microbianas del rumen (Johnson & Johnson, 1995; Kurinara *et al.*, 1999; Lugar y Mitloehner, 2010). Messa (2009) realizó una investigación en Yaracuy (Venezuela) y determinó que la mayor producción de metano correspondió a las novillas, vacas en producción y a los toros, debido probablemente a la menor calidad de forrajes.

De acuerdo con estimaciones de la EPA (U. S. EPA, 2010), de las emisiones de metano de las ganaderías en los EE.UU., el 58% proceden de las operaciones de cría, el 23% de la lechería y el 19% de corrales de engorde. En Venezuela, las emisiones de totales metano son de 2950 Gg y el de origen ganadero de 757 G, lo que representa el 91% del total de emisiones de origen agrícola (835 Gg) (Wright *et al.*, 2008) y 25,6% del total. Sin embargo, corresponde una pérdida anual de 1.806 Gg (61%) a pérdidas por fugas de gases en la industria petrolera (Venezuela-MARN, 2005). No obstante, es imposible eliminar completamente la producción de metano sin ocasionar efectos adversos en la producción de los rumiantes (Moss *et al.*, 2000). Los rellenos sanitarios son responsables de aproximadamente el 8% del total mundial de las emisiones antropogénicas de  $\text{CH}_4$  (Tamminga, 2006), mientras que en Venezuela se estima una producción de 285 Gg anuales, lo cual representa un 9,7% del total de emisiones (Venezuela-MARN, 2005).

Se ha logrado reducir las emisiones de metano mediante la manipulación nutricional del rumen (Moss *et al.*, 2000; McGeough *et al.*, 2010b). Este mecanismo tiene muchas interacciones animal-dieta que afectan el equilibrio entre las tasas de la fermentación de hidratos de carbono y el pasaje de la digesta. La adición de ionóforos a la dieta del ganado vacuno, en particular la monensina, altera la fermentación microbiana en el rumen, reduce el consumo de materia seca en 5–6% y aumenta la digestibilidad de la materia seca (Araujo-Febres & Fernández, 1991). También disminuye la relación ácido acético:ácido propiónico y las pérdidas de metano, cayendo la producción de metano en rangos leves en aproximadamente 25% (Johnson y Johnson, 1995). El acetato y el butirato promueven la producción de metano, mientras que la formación de propionato puede ser considerada como una vía competitiva para el uso de hidrógeno en el rumen (Moss *et al.*, 2000).

La selección de opciones para la reducción exitosa de las emisiones de metano depende de varios factores, que incluyen los climáticos, económicos, técnicos y recursos materiales; además, las prácticas de manejo de estiércol, los requisitos reglamentarios y los beneficios específicos de desarrollo de una fuente de energía (biogás) y una fuente de fertilizante de alta calidad (Gworgwor *et al.*, 2006). La estrategia para reducir la producción de metano del ganado es mejorar la eficiencia en el uso de alimentación de energía (Johnson & Johnson, 1995), incrementando la calidad de los alimentos (Kurinara *et al.*, 1999).

## DIÓXIDO DE CARBONO

La actividad humana emite actualmente a la atmósfera más de 26.000 millones de toneladas anuales de  $\text{CO}_2$ , el gas de efecto invernadero (GEI) más importante (Martínez Linares, 2009). Las emisiones de  $\text{CO}_2$  son en su mayoría el resultado de la utilización de combustibles fósiles. La contribución de la agricultura a las emisiones de  $\text{CO}_2$  en general y de la producción animal en particular es relativamente pequeña, incluso en los países industrializados con sistemas de producción animal altamente mecanizados; esta contribución no suele superar el 5% (Tamminga, 2006). Además, el  $\text{CO}_2$  emitido por la respiración de los animales lecheros no se considera un contribuyente neto al cambio climático porque los animales consumen plantas que utilizan  $\text{CO}_2$  durante la fotosíntesis (Steinfeld *et al.*, 2006; Lugar & Mitloehner, 2010). Los sistemas agrícolas son los más importantes para reducir la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera mediante la fotosíntesis (Wang, 2009).

Un 75% de las emisiones antropógenas de  $\text{CO}_2$  proviene de la quema de combustibles fósiles, sobre todo para la producción de energía y para el transporte, ya que el resto se debe principalmente a la deforestación (Martínez Linares, 2009). Este gas permanece en la atmósfera alrededor de un siglo antes de ser absorbido por los océanos y por los ecosistemas terrestres (Martínez Linares, 2009).

Los EE.UU. son responsables del 27,8% de la contaminación acumulada causante del calentamiento global; más de 150 de las naciones más desarrolladas producen en conjunto emisiones por un total de 23%. En 2006, los 302 millones de personas de los EE.UU. emitieron 19,46 toneladas de  $\text{CO}_2$  per cápita, en comparación con 1,92 toneladas per cápita en 148 países en desarrollo, que albergan a 3835 millones las persona. En Venezuela se estima una producción de 1,3 toneladas de carbón per capita, similar al promedio mundial (Venezuela-MARN, 2005). De un total estimado de 114.147 Gg anuales, corresponden 105.117 Gg a la quema de combustibles fósiles.

## AMONIO Y ÓXIDO NITROSO

Grandes cantidades de N se excretan en la producción de todas las especies animales. Las principales fuentes de  $\text{N}_2\text{O}$  son las lagunas de oxidación y las emisiones de las tierras de cultivo fertilizadas con fertilizantes nitrogenados o estiércol (Lugar & Mitloehner, 2010).

La excreción de nitrógeno está directamente relacionado con el N que el animal consume (proteínas). Los bovinos retornan al suelo cerca del 75% del nitrógeno que consumen a través de las heces y la orina. Los animales que pastorean de manera continua concentran las deyecciones en un 10 al 15% de la superficie del suelo, mientras que los que pastorean de forma rotacional intensiva lo hacen de una forma mucho más uniforme (León Tamayo, 1996). Un bovino de 500 kg de peso vivo excreta diariamente unos 28 kg de heces y 10 kg de orina con un contenido de N de 0,38% y 1,10%, respectivamente (León Tamayo, 1996).

Dos estrategias generales se pueden utilizar para reducir la excreción de N. La primera, es la reducción de la proteína suministrada por mejorar la relación entre la alimentación y la calidad de las proteínas que requiere el animal. Por el otro, lograr una mejora en la productividad de los animales. En la medida que más leche, carne o

huevo se produce por animal, menos es la cantidad de proteína necesaria por unidad de producción (Rotz, 2004). En los bovinos alimentados con dietas altas en concentrado proteico, la excreción de nitrógeno en la orina en forma de urea (60 a 80% del total de la excreción de N) o en las heces va a ser elevada. La urea se hidroliza rápidamente en  $\text{CO}_2$  y  $\text{NH}_4$  por la ureasa. Por lo tanto, el N urinario va contribuir a la volatilización de  $\text{NH}_3$  en los corrales de engorde (Erickson & Klopfenstein, 2010).

Las emisiones de amoníaco de las fincas lecheras pueden contribuir a los problemas de la salud respiratoria de los humanos, a la disminución del rendimiento del ganado, como a la eutrofización y la acidificación de los ecosistemas acuáticos (Lugar & Mitloehner, 2010). La formulación de dietas bajas en proteína, en función de los requerimientos de los animales y de la digestibilidad de los ingredientes, con la suplementación precisa de los aminoácidos faltantes, con el fin de reducir al mínimo la excreción de N, es lo que se ha denominado proteína ideal en los sistemas de producción porcina. Resultados de investigación han mostrado una reducción del 7 al 10% en la excreción de N por los cerdos de ceba por cada unidad porcentual de reducción de la proteína en la dieta (Lachmann *et al.*, 2008).

El objetivo de la alimentación animal es suministrar la cantidad adecuada de aminoácidos (proteínas) con el equilibrio apropiado a las tasas de degradación para proporcionar los aminoácidos exactamente necesarios para el tracto intestinal (Rotz, 2004).

La adición de nitrógeno al suelo a través de N mineral, fertilizantes, estiércol, residuos de cosechas o de las aguas residuales en general, aumenta la emisión de  $\text{N}_2\text{O}$ . Las emisiones de óxido nitroso están influenciadas por el uso del suelo (Tamminga, 2006). El óxido nitroso es un gas de efecto invernadero que contribuye a la preocupación por el calentamiento global (Rotz, 2004) debido a que los óxidos de nitrógeno han sido reconocidos como contribuyentes al smog y la lluvia ácida (Phillips, 1995). Messa (2009) encontró que del total de gases con efecto invernadero producidos en la finca de doble propósito el 79,26% correspondió al ganado, el 17,19% al suelo y el 3,54% a la quema de combustible fósil.

### **Efectos del cambio climático (Biello, 2007)**

Algunas de las consecuencias medibles en el cambio climático son:

- Aumento de la temperatura e incremento de la contaminación del aire
- Disminución de los glaciares y de los casquetes polares
- Migración de especies e invasión de otros nichos ecológicos
- Cambios en la composición florística
- Disminución de los rendimientos de los cultivos de climas tropicales
- Acidificación del mar e Incremento del nivel del mar
- Precipitaciones más copiosas con aumento de las inundaciones y daños a cultivos
- Incremento de la erosión del suelo
- Disminución del suministro de agua potable
- Aumento y distribución de las plagas y enfermedades

### Consecuencias sobre los animales (Chase, 2006)

El aumento de la temperatura global ocasiona una serie de cambios en el animal como consecuencia de estrés por calor. Estos cambios incluyen:

- Elevación de la temperatura corporal.
- Aumento de las tasas de respiración.
- Aumento de las necesidades de energía para mantenimiento.
- Aumento de la pérdida de sodio y de potasio normalmente asociadas con el estrés por calor.
- Disminución en la eficiencia de la utilización de nutrientes.
- Caída del consumo de materia seca en las vacas lecheras sometidas a estrés por calor.
- Caída en la producción de leche de las vacas atribuida al estrés térmico.
- El estrés por calor también afecta la disminución de la función reproductiva en las vacas lecheras y de doble propósito, además de otros efectos reproductivos.
  - Disminución de la duración y la intensidad de los períodos de celo.
  - Disminución de la tasa de fertilidad.
  - Disminución del crecimiento, tamaño y desarrollo de los folículos ováricos.
  - Aumento del riesgo de las muertes embrionarias tempranas.
  - Disminución del crecimiento fetal.

Para disminuir el impacto de la ganadería sobre el ambiente es necesario:

- Ofrecer forrajes de la mejor calidad posible. Manejo adecuado de la rotación de potreros.
- Bajar ligeramente los niveles de la fibra (FDA, FDN), manteniendo sus niveles de eficiencia. Esto puede requerir el uso de algunos subproductos de la fibra no alimentaria, como la cascarilla.
- Considere agregar un poco de grasa adicional a la ración. Los niveles totales de grasa no deben exceder el 5% de materia seca de la ración total. Una dieta que contiene una mezcla de ácidos grasos C12:0 y C14:0, aceite de linaza y fumarato de calcio ha sido exitosa para bajar las emisiones de metano en vacas lecheras a similares consumos de materia seca (van Zijderveld *et al.*, 2011).
- Equilibrar los niveles de proteína de la ración para reducir al mínimo los niveles altos de proteína degradable en rumen y solubles. El animal tiene que gastar más energía para excretar el exceso de proteínas del cuerpo.
- Se debe sincronizar la degradación de proteínas y carbohidratos en el rumen para garantizar que la proteína degradable en el rumen es capturada en proteína microbiana (Tamminga, 2006).

Serían muy útil para la sostenibilidad de la producción de carne y leche tomar una serie de medidas dirigidas hacia la conservación del agua, fijación de CO<sub>2</sub>, fijación de nitrógeno, control de la erosión, conservación de los árboles alrededor de los ríos, la-

gunas y arroyos, no sólo por la búsqueda de mejorar las condiciones ambientales mundiales, sino sobre todo, por las condiciones locales y lograr un aumento de la productividad (Ferraz & Felicio, 2010). Una opción sería la utilización de leguminosas, las cuales fijan nitrógeno atmosférico, poseen un alto potencial de incorporación de CO<sub>2</sub>, y sin duda, es una forma importante para ayudar a controlar de efecto invernadero.

## CONSIDERACIÓN FINAL

Hay quienes piensan distinto. Robinson *et al.* (2007) del Oregon Institute of Science and Medicine afirman que no hay datos experimentales que permitan apoyar la hipótesis de que el aumento en el uso de hidrocarburos por el hombre o el incremento del dióxido de carbono atmosférico y otros gases de efecto invernadero estén causando o pueda esperarse que produzcan cambios desfavorables de la temperatura global, del clima o del paisaje. No hay razones para limitar la producción humana de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y otros gases de efecto invernadero de menor importancia como se ha propuesto. Robinson *et al.* (2007) añaden que tampoco debemos preocuparnos por calamidades ambientales, incluso si la actual tendencia al calentamiento global continúa. La Tierra ha sido mucho más cálida durante los últimos 3.000 años sin efectos catastróficos; más aún, el clima cálido tiene la ventaja de que se extienda la estación de crecimiento, aumente el crecimiento vegetal y en general, mejore la habitabilidad de las regiones más frías (Robinson *et al.*, 2007).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adhikari BK, Barrington S, Martinez J. 2006. Predicted growth of world urban food waste and methane production. *Waste Manag Res* 24: 421-433.
- Araujo-Febres O, Fernández MC. 1991. Efecto en novillos del monensin y el nivel de fibra de la dieta sobre el consumo y la digestibilidad de la materia seca. *Rev Fac Agron (LUZ)* 8: 143-153.
- Biello D. 2007. State of the Science: Beyond the Worst Case Climate Change Scenario. *Scientific American*. [Http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=state-of-the-science-beyond-the-worst-climate-change-case](http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=state-of-the-science-beyond-the-worst-climate-change-case). Visto 07-08-2010.
- Biello D. 2010. The New Normal?: Average Global Temperatures Continue to Rise. *Scientific American*. [Http://www.scientificamerican.com/article.cfm?Id=average-global-temperature-rise-creates-new-normal](http://www.scientificamerican.com/article.cfm?Id=average-global-temperature-rise-creates-new-normal) Visto 07-08-2010.
- Butler J. 2010. The NOAA annual greenhouse gas index. *Earth System Research Laboratory*. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/> Visto 08-03-2011.
- Chase LE. 2006. Climate change impacts on dairy cattle. In: *Climate Change and Agriculture: Promoting Practical and Profitable Responses*. Cornell University. III-17-23. <http://climateandfarming.org/pdfs/FactSheets/III.3Cattle.pdf> Visto el 10-07-2010.
- Erickson G, Klopfenstein T. 2010. Nutritional and management methods to decrease nitrogen losses from beef feedlots. *J Anim Sci* 88:E172-E180.
- Ferraz JBS, de Felício PB. 2010. Production systems – An example from Brazil. *Meat Science*, 84: 238-243.
- Gworgwor ZA, Mbahi TF, Yakubu B. 2006. Environmental implications of methane production by ruminants: A review. *J Sust Dev Agric Environ* 2 (1): 1-14.

- Hansen J, Sato M, Ruedy R, Lo K, Lea DW, Medina-Elizade M. 2006. Global temperature change. *Proc Natl Acad Sci* 103:14288-14293.
- Ibrahim M, Chacón M, Cuartas C, Naranjo J, Ponce G, Vega P, Casasola F, Rojas J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agrof Amér* 45:27-36.
- Johnson KA, Johnson DE. 1995. Methane emissions from cattle. *J Anim Sci* 73:2483-2492.
- Khalil NAK, Rasmussen RA, Moraes F. 1993. Atmospheric methane at Cape Meares: analysis of a high-resolution data base and its environmental implications. *J Geophys Res* 98:14753.
- Kurihara M, Magner T, McCrabb H, McCrabb G. 1999. Methane production and energy partition of cattle in the tropics. *Brit J Nutr* 81: 227-234.
- Lachmann MB, Carter SD, Bundy JW. 2008. Effects of dietary manipulation on the mass balance of N and P during the swine finishing phase. *J Anim Sci* 86 (E. Suppl. 3): 68 (Abstr.).
- León Tamayo F. 1996. Manejo y Utilización de praderas. En: Corpoica (ed.). *Pasturas Tropicales. Memorias del Curso*. Medellín. Abril 1996. pp 115-128.
- Martínez Linares J. 2009. La crisis del clima. Evidencias del cambio climático en España. *Artegraf, S.A.* Madrid. 76 pp.
- Mc Geough EJ, O'Kiely P, Foley PA, Hart KJ, Boland TM, Kenny DA. 2010a. Methane emissions, feed intake, and performance of finishing beef cattle offered maize silages harvested at 4 different stages of maturity. *J Anim Sci* 88:1479-1491.
- Mc Geough EJ, O'Kiely P, Hart KJ, Moloney AP, Boland TM, Kenny DA. 2010b. Methane emissions, feed intake, performance, digestibility, and rumen fermentation of finishing beef cattle offered whole-crop wheat silages differing in grain content. *J Anim Sci* 88:2703-2716.
- Montenegro J, Abarca S. 2002. Los sistemas silvopastoriles y el calentamiento global: un balance de emisiones. *Agronomía Costarricense* 26(1): 17-24.
- Montenegro J, Abarca S, Peters K. 2010. Evolución de la producción de leche y su relación con la emisión de metano en Costa Rica. *Horizonte Lechero*. Julio-Septiembre
- Moss AR, Jouany JP, Newbold J. 2000. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Ann Zootech* 49:231-253.
- Phillips J. 1995. Control and pollution prevention options for ammonia emissions. U.S. Environmental Protection Agency. EPA Contract No. 68-D1-0073. Work Assignment No. 3-39. Documento EPA-456/R-95-002. Research Triangle Park, NC. 69 pp.
- Place SE, Mitloehner FM. 2010. Invited review: Contemporary environmental issues: A review of the dairy industry's role in climate change and air quality and the potential of mitigation through improved production efficiency. *J Dairy Sci* 93 :3407-3416.
- Robert M. 2002. Captura de Carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO. ISBN 92-5-304690-2 <http://www.fao.org/docrep/005/y2779s/y2779s00.htm#> Visto 20-03-2011.
- Robinson AB, Robinson NE, Soon W. 2007. Environmental effects of increased atmospheric carbon dioxide. *J. Amer Phys Surg* 12: 79-90.
- Rotz CA. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. *J Anim Sci* 82:E119-E137.

Tamminga S. 2006. Environmental impacts of beef cattle. The John M. Airy Symposium: Visions for Animal Agriculture and the Environment. January 2006, Kansas City, Missouri. 11 pp.

U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Climate change indicators in the United States report. <http://www.epa.gov/climatechange/indicators.html> visto 07-08-10

van Zijderveld SM, Fonken B, Dijkstra J, Gerriets WJJ, Perdok HB, Fokkink W, Newbold JR. 2011. Effects of a combination of feed additives on methane production, diet digestibility, and animal performance in lactating dairy cows. *J Dairy Sci* 94: 1445–1454.

Venezuela. Ministerio de Ambiente y Recursos Renovables. 2005. Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela. Caracas, República Bolivariana de Venezuela. 164 pp.

Wang Yue-Wen. 2009. Sustainable agricultural practices: energy inputs and outputs, pesticide, fertilizer and greenhouse gas management. *Asia Pacif J Clin Nutr* 18:498-500.