

# La producción de forraje en el contexto del cambio climático

Laila Bernal Bechara\*  
Ricardo Andrés Suárez Cortés\*\*

## RESUMEN

Los sistemas de producción animal en Colombia están representados principalmente por la ganadería bovina y se han caracterizado por generar proteína de origen animal (necesaria para suplir las necesidades de alimentación de la población humana). El desarrollo de la producción bovina ha generado efectos negativos en los ecosistemas por la ganaderización de la frontera agrícola, las emisiones de gases efecto invernadero y el uso indiscriminado de agrotóxicos que afectan el aire, el suelo y el agua del sistema donde se practica. No obstante, el reto del nuevo milenio es plantear alternativas de manejo que generen modelos amigables con el medio ambiente, que garanticen la sostenibilidad ecológica, la productividad animal y la soberanía alimentaria a través de la utilización de especies vegetales promisorias, que ayuden a restablecer el equilibrio ecológico, que se ha fracturado por el cambio climático que está atravesando el planeta. El reto del zootecnista debe estar orientado a contrarrestar dichos cambios con opciones de manejo e innovación tecnológica que garanticen la producción de proteína animal.

**Palabras clave:** óxido nitroso, metano, brachialactona, taninos.

## FORAGE PRODUCTION WITHIN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

### ABSTRACT

Animal production systems in Colombia are mostly represented by stockbreeding and characterized by the generation of animal protein (required to meet the dietary needs of human population). Cattle production development has had a negative effect on ecosystems, due to the livestockization of the agricultural frontier, greenhouse gas emissions and the indiscriminate use of agrotoxins affecting the air, soil and water of the system where it is performed. However, the new millennium's challenge is to suggest management alternatives that generate eco-friendly models, guarantee ecological sustainability, animal productivity and food sovereignty by using promissory vegetable species that help to reestablish ecological balance, which has been fractured by climate change in the planet. The zootechnician's challenge should aim to counterbalance these changes with technological innovation and management options that guarantee animal protein production.

**Keywords:** nitrous oxide, methane, brachialactone, tannins.

\* Zootecnista. MSc Agrarias-Producción Animal Tropical. Profesora, programa de Zootecnia, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: labernal@unisalle.edu.co.

\*\* Zootecnista. Esp. MSc en Docencia. Profesor, programa de Zootecnia, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: risuarez@unisalle.edu.co.

## INTRODUCCIÓN

En la producción animal, la ganadería bovina es una de las actividades que ocupa en mayor proporción el uso del suelo en América Latina y el Caribe, y se ha caracterizado por la presentación de bajos niveles de productividad y rentabilidad (FAO, 2008). Adicionalmente, también se están generando efectos ambientales negativos que han afectado los ecosistemas terrestres, por la expansión de la frontera ganadera; en términos de tala de bosques y quema, dicha actividad ha generado erosión de suelos, compactación, disminución de la biodiversidad vegetal y contaminación de agua y suelos por el uso de plaguicidas, herbicidas y las emisiones de gases al ambiente.

De acuerdo con el informe de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2006), la producción pecuaria es una de las causas de los problemas ambientales más apremiantes del mundo, como el calentamiento del planeta, la degradación de las tierras, la contaminación del aire y del agua y, desafortunadamente, la pérdida de biodiversidad. Existen diversas actividades agropecuarias que en su proceso emiten gases de efecto invernadero, entre los que se destacan el metano, el dióxido de carbono y el óxido nitroso; entre estas actividades podemos destacar la producción bovina, los incendios forestales, el cultivo de arroz en humedales y los productos de desecho que generan la mayor parte del metano que hay en la atmósfera, y actividades como la labranza convencional y la utilización de fertilizantes, que generan aproximadamente el 70% de los óxidos nitrosos (FAO, 2001).

Es necesario plantear alternativas de manejo que favorezcan la reducción de la emisión de estos gases efecto invernadero producto de la actividad ganadera, en aras de garantizar la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los recursos naturales en el planeta.

No obstante, la principal pretensión de estas líneas es generar preguntas más que respuestas en torno a la problemática del sistema de producción bovino, planteando un abanico de opciones que se pueden poner en práctica para tratar de mejorar la producción, sin afectar la diversidad biológica y favoreciendo la reducción del calentamiento global por efecto de las actividades antrópicas que están generando el sucesivo cambio climático que viene afectando ostensiblemente el normal desarrollo de la actividad agropecuaria en el mundo.

## ALGUNOS INDICADORES DE CONTEXTO

En Colombia, de acuerdo con lo reportado en los resultados de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA, 2009), el área total de uso del suelo es de 114.174.800 ha, de las cuales el 45% (50.941.744 ha) está dedicado a las actividades del sector agropecuario, y el 77% (39.196.059 ha) está destinado a la actividad pecuaria.

Teniendo en cuenta que la mayoría de sistemas de producción pecuarios no utilizan grandes extensiones de tierra para el desarrollo de sus actividades, se puede intuir que gran proporción de estas tierras está dedicada al cultivo de pastos y forrajes como sustento principal de la actividad bovina.

La producción de pastos y de forrajes que se encuentra ubicada en esas 39.196.059 ha está distribuida así: el 81%, que corresponde a 31.631.064 ha, se encuentra cultivado en pastos, y el restante 19%, correspondiente a 7.564.996 ha, estaría cubierto de malezas y rastrojos. La región que mayor extensión de tierras tiene destinadas a la actividad ganadera es los Llanos Orientales, representados por los departamentos del Meta y Casanare, junto con los departamentos de Córdoba y Sucre, que hacen parte de la región de la Costa Atlántica, con una proporción del 90% de la superficie agropecuaria, seguidos por los departamentos de

Antioquia y Santander, que disponen de un alto uso de sus tierras para la actividad pecuaria (ENA, 2009).

Es de destacar que estas cifras discrepan de los reportes que hace el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) (Fedegán, s.f.) sobre el uso potencial del suelo, pues este indica que de los 31 millones de hectáreas utilizadas para el cultivo de pastos para destinarlos a la alimentación de la ganadería bovina, solo son aptas para el desarrollo de esta actividad 19,3 millones de hectáreas, generando una sobreutilización de 11,7 millones de hectáreas, sin contar los siete millones de hectáreas que se encuentran en rastrojos y malezas que también son atribuidos a la actividad ganadera.

Sin embargo, el inventario bovino nacional, según la ENA (2009), es de 27.359.290 cabezas, cifra que muestra un crecimiento en la población bovina en Colombia y que debe sugerirnos un interrogante sobre cómo hacer una utilización más intensiva y adecuada de nuestras tierras para la actividad pecuaria, más aún cuando la Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán), en el documento del Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana (PEGA 2019) se propone que la cifra de animales para el 2019 debe subir a 48 millones de cabezas y que la actividad ganadera se va a limitar a 21 millones de hectáreas. Esto sin contar que la carga animal promedio en Colombia es de 0,69 animales por hectárea.

Si tenemos en cuenta que la distribución de nuestra población bovina según la ENA (2009) es del 70% de ganadería de carne, el 28% de ganadería de doble propósito y el 2% de ganadería de leche, y añadimos a esto que los bovinos deben tener el pasto como base de su alimentación, se hace necesaria la implementación de sistemas sostenibles de producción que hagan más eficiente la producción de forrajes y que ayude a disminuir los costos de producción por unidad de área.

Adicionalmente, nuestras condiciones geográficas de zona tropical nos permiten tener condiciones de

luz durante todo el año, lo que favorece el proceso de fotosíntesis de las plantas y ofrece un alto potencial de biomasa por metro cuadrado.

En el trópico colombiano, la producción de pastos y forrajes como fuente principal de alimentación ha permitido generar proteína de origen animal a nivel de carne y leche para tratar de satisfacer las necesidades humanas. No obstante, según los parámetros productivos que caracterizan la producción bovina en nuestro país, de acuerdo con Fedegán (s.f.), para un sacrificio de 4.180.000 cabezas, la producción de carne por año es de 906.000 toneladas; la producción anual de leche asciende a 6538 millones de litros, y la producción de leche es de 4,8 litros/vaca/día (ENA, 2009), lo cual refleja como consumo per cápita de carne 17,3 kg/persona/año, y el consumo per cápita de leche es 143 litros/persona/año (Fedegán, s.f.).

Estas cifras dejan en evidencia el reto que tenemos para mejorar los indicadores de productividad animal, para asimismo aumentar el consumo de proteína de origen animal por parte de la población colombiana.

## **EMISIÓN DE GASES EFECTO INVERNADERO Y CAMBIO CLIMÁTICO**

De acuerdo con Steinfeld et ál. (2006), citados en FAO (2010), los cambios en el uso tradicional de la tierra por efecto de la deforestación son responsables del 18,3% del total de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI). En este estudio se reporta 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; del 65% de las emisiones globales de óxido nitroso y del 64% del amoníaco global. El metano (CH<sub>4</sub>) es uno de los principales gases con efecto invernadero que requiere ser mitigado y al cual, desde el Protocolo de Kyoto, se le apuesta en mayor medida a su reducción (Ellis et ál., 2007).

Como consecuencia de lo anterior, los bovinos también contribuyen al calentamiento global y a la reducción de la capa de ozono, por la liberación de altas cantidades de gases a la atmósfera, entre ellos el gas metano y el gas carbónico (Carmona et ál., 2005). El sistema digestivo bovino tiene la capacidad de aprovechar y convertir material fibroso con altos contenidos de celulosa en alimentos de alta calidad nutritiva: carne y leche; sin embargo, por sus características innatas, este mismo sistema digestivo también produce metano (Montenegro y Abarca, 2002).

El ganado bovino emite metano como producto natural de la degradación de los carbohidratos en el proceso digestivo a nivel del rumen. La emisión de metano representa energía alimenticia que se pierde en forma de gas, y que no es aprovechada como leche o carne (Montenegro y Abarca, 2002).

Fanguiro et ál. (2008) reportan que el uso de las excretas de los bovinos (que son empleadas con gran frecuencia para la fertilización orgánica en las praderas), también tiene emisiones interesantes de gases con efecto invernadero, como el metano y el óxido nítrico, y que estos tienden a aumentar cuando las excretas no tienen un tratamiento previo que incluya la separación mecánica de las fracciones o aplicaciones de poliacrilamida a esta fuente.

Existe una relación directa entre la eficiencia productiva y las emisiones de gas metano: la producción de gas metano por kilogramo disminuye en la medida que se aumenta la ganancia de peso por animal (figura 1).

De acuerdo con la FAO (2009), las emisiones de metano para animales de mayor rendimiento productivo van a ser más altas, pero la emisión de metano por kilogramo de ganancia de peso será menor, como se observa en la tabla 1.

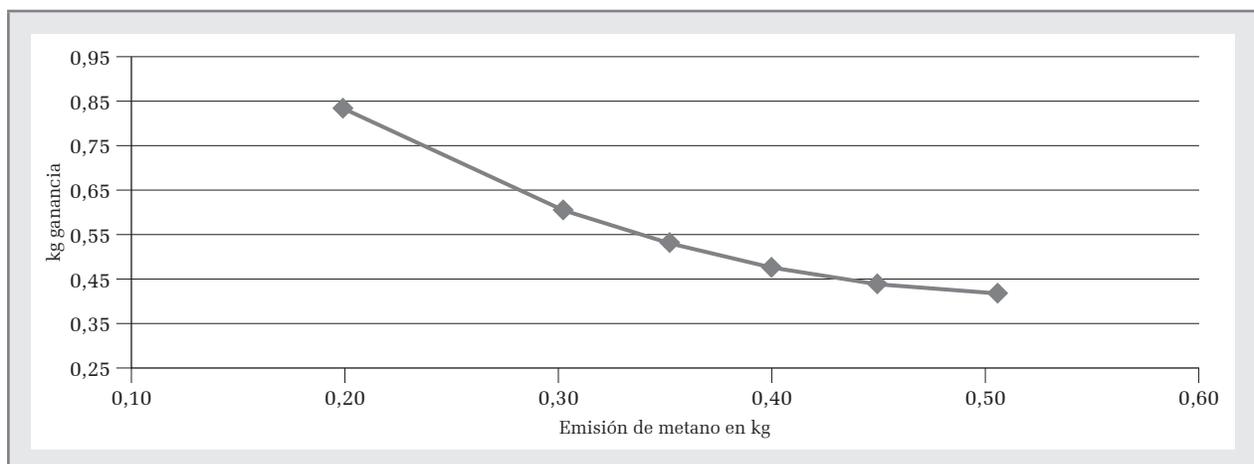
**TABLA 1. GANANCIA DE PESO Y EMISIÓN DE METANO**

Ganancia de peso/día (g/d)	Emisión de metano/año (kg/kg)	Emisión de metano/kg ganancia de peso (kg/kg)
200	60,5	0,83
450	73,3	0,45

Fuente: FAO (2009)

Asimismo, la calidad de forraje consumido va a tener un efecto marcado sobre la producción de metano; si se permite pastorear o suministrar forrajes de mejor calidad la digestibilidad será mayor y se puede esperar que las emisiones de metano sean más bajas, es decir, cuando se garantiza el consumo de forrajes con un balance adecuado de carbohidratos estructurales.

**FIGURA 1. EMISIÓN DE METANO POR KILOGRAMO DE GANANCIA DE PESO POR AÑO**



Fuente: FAO (2009)

Afortunadamente, es factible reducir las emisiones de metano en la ganadería y, además, en la mayoría de los casos, los productores pueden incrementar sus ingresos por el mejoramiento de la respuesta animal. Algunas de las estrategias que se indican para reducir la emisión de metano son: mejorar la producción teniendo menos animales por hectárea (Montenegro y Abarca, 2002); utilizar pasturas de mejor calidad; emplear algunos aditivos, como los ionóforos y las grasas (Carmona et ál., 2005); procesar el alimento en forma de heno o pellet; suministro de antiflatulentos, como aceite de pescado y ácidos orgánicos (Montenegro y Abarca, 2002); aumentar el nivel de consumo de alimentos digestibles; implementar el uso de sistemas silvopastoriles (Murgueitio e Ibrahim, 2001); establecer leguminosas fijadoras de nitrógeno y utilizar especies vegetales que posean taninos o saponinas. Además, el tipo de carbohidrato empleado es otro factor: los carbohidratos fibrosos producen una alta relación acetato/propionato, así como una alta producción de metano, mientras que dietas ricas en almidón mejoran la relación metano/materia orgánica fermentada en el rumen y favorecen la producción de propionato (Moss et ál., 2000). También se plantea la opción de usar aditivos como las grasas insaturadas, entre las que se encuentran el aceite de girasol y el aceite de canola, la monensina, las enzimas proteolíticas, el ácido fumárico y las levaduras (Beauchemin y McGinn, 2006).

Existen instituciones como el Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT), que ha estado trabajando en alternativas forrajeras que puedan ayudar a reducir las emisiones de gases con efecto invernadero. En el caso específico del óxido nitroso, dentro de estas opciones aparece la gramínea *Brachiaria humidicola*, propia del trópico bajo, que tiene la capacidad de inhibir la nitrificación que realizan los microorganismos del suelo al tomar el nitrógeno contenido en los fertilizantes y convertirlo en óxido nitroso, que es un gas con efecto invernadero trescientas veces más potente que el dióxido de carbono (Peters y Rao,

2010). Esta gramínea presenta el compuesto químico *Brachialactona*, localizado en las raíces y que es liberado en el suelo para inhibir la nitrificación biológica y así reducir la emisión de óxido nitroso. En el trópico alto se han adelantado investigaciones con leguminosas taníferas, como el *Lotus uliginosus*, que reduce la emisión de metano a nivel entérico y mejora la productividad animal, fija nitrógeno y puede evitar en gran medida la fertilización química de nitrogenados. Esta tanífera se puede constituir como una especie alternativa, ya que es apta para zonas de trópico alto en las que no existen muchas alternativas de producción de este tipo.

Disminuir estas emisiones de metano y mejorar la productividad animal son algunos de los retos que tendrá que afrontar el futuro zootecnista en este milenio, así como lograr la reconversión ganadera, la rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos y el establecimiento de los sistemas agroforestales o la llamada *agroforestería pecuaria*, como una estrategia viable de producción animal en el trópico colombiano, en aras de garantizar la soberanía alimentaria y la sostenibilidad (Ibrahim et ál., 2007).

## LA AGROFORESTERÍA COMO UNA OPCIÓN PARA MITIGAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los sistemas de producción bovinos colombianos se encuentran mayoritariamente ubicados en el trópico bajo, lo cual implica el manejo de sistemas acordes con las condiciones ambientales que garanticen la sostenibilidad de la producción animal (foto 1). Por lo tanto, es importante considerar las propiedades físicas y químicas que tienen los suelos para plantear estrategias de establecimiento y manejo de pastos diferentes para cada tipo de explotación, de acuerdo con el tipo de animales que se maneje y con las condiciones agroecológicas de cada sistema, lo cual debe llevar a cuestionar los modelos que se manejan y cómo se puede garantizar la sostenibilidad de estos.

La agroforestería se plantea entonces como la introducción de una perenne leñosa en forma deliberada en el sistema de producción agropecuaria. Dentro de los sistemas agroforestales se pueden citar como opciones: sistemas silvopastoriles (SSP) en ganadería extensiva; plantaciones forestales con pastoreo de ganado; cercas vivas, barreras contra el viento, linderos arborizados, corredores biológicos y espacios para el sombrío de animales; SSP con uso de la sucesión vegetal dirigida y de alta densidad arbórea, y sistemas de corte y acarreo, como bancos de proteína puros, policultivos de corte y policultivos de varios estratos y múltiples usos (Murgueitio, 1999).

**FOTO 1. SISTEMA SILVOPASTORIL, ALVARADO, TOLIMA**



Fuente: Ricardo Suárez

Teniendo en cuenta la cifra manejada por Fedegán en el PEGA 2019, donde se asegura que el 48% de los

predios en Colombia tiene menos de cincuenta animales, debemos generar alternativas sostenibles de producción animal de bajo costo; los SSP han mostrado muchas bondades en cuanto a la reducción de los costos de mantenimiento de las praderas y el aumento en la cantidad y la calidad de forraje producido por unidad de área, generando un aprovechamiento mucho más intensivo de los suelos, que se verá reflejado en un crecimiento del inventario nacional y en el aumento de la eficiencia de los sistemas de producción bovina en Colombia. Una de las grandes ventajas que muestran estos SSP es el aporte que hacen al paisaje, como lo reportan Ibrahim et ál. (2007):

[...] los resultados muestran que en cada uno de los paisajes ganaderos analizados las pasturas degradadas no están aportando significativamente al secuestro de carbono, mientras que las pasturas mejoradas con árboles y los sistemas silvopastoriles son usos de la tierra con mayores potenciales.

Dentro de las ventajas que se pueden señalar para la introducción de estos sistemas se plantea la disminución en los costos de producción, una mayor producción de forraje, la variedad de alimento de mejor calidad, el aumento de la eficiencia de los sistemas, el aumento de la capacidad de carga por hectárea, el aumento en la generación de empleo para el sector rural, la disminución de la contaminación medioambiental, el menor desgaste y daño de la capa vegetal, el pago por servicios ambientales, el aumento de la biodiversidad en las zonas de implementación, la disminución de las plagas y arvenses y la mejora de las condiciones etológicas de los animales por la generación de nuevos microclimas (Murgueitio, 1999).

De acuerdo con Sánchez (1999), también existen algunos limitantes en este tipo de sistemas, entre los cuales se pueden resaltar: la identificación de especies vegetales idóneas para cada estrato, la tecnología necesaria para la incorporación de las especies, las metodologías para la conversión a nivel de finca, el

financiamiento para las inversiones, la mano de obra calificada y la tenencia de la tierra.

La agroforestería, y más específicamente los SSP, se muestran como herramientas valiosas para la adaptación al cambio climático de los sistemas ganaderos, como afirman Villanueva et ál. (2009). Esto nos da una guía de hacia dónde se pueden encaminar los sistemas de producción de ganadería bovina, con la principal finalidad de hacerle frente a fenómenos de orden climático, como los fenómenos del Niño y de la Niña, que recientemente han causado tantos estragos en la productividad animal. Se trata de ofrecer opciones que se puedan manejar dentro del concepto de sostenibilidad, el cual a su vez integra conceptos de eficiencia, productividad y bienestar social.

## REFERENCIAS

- Beauchemin, K. & McGuinn, S. (2006). Effects of various feed additives on the methane emissions from beef cattle. *International Congress Series*, 1293, 152-155.
- Carmona, J.; Bolívar, M. & Giraldo, L.A. (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*, 18(1), 49-63.
- Ellis, J. et ál. (2007). Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3456-3466.
- Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) (2009). Recuperado de [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/201046112648\\_RESULTADOS\\_ENA\\_2009.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/201046112648_RESULTADOS_ENA_2009.pdf)
- Fangueiro, D. et ál. (2008). Cattle slurry treatment by screw press separation and chemically enhanced settling: effect on greenhouse gas emissions after land spreading and grass yield. *Bioresource Technology*, 99, 7132-7142.
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán) (s.f.). *Cifras referencia – Sector ganadero colombiano. 2010*. Recuperado el 11 de enero del 2011, de [http://portal.fedegan.org.co/portal/page?\\_pageid=93,33690365\\_y\\_dad=portaly\\_schema=PORTAL](http://portal.fedegan.org.co/portal/page?_pageid=93,33690365_y_dad=portaly_schema=PORTAL)
- Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán) (s.f.). *Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019*. Recuperado el 11 de noviembre del 2010, de [http://portal.fedegan.org.co/Documentos/pega\\_2019.pdf](http://portal.fedegan.org.co/Documentos/pega_2019.pdf)
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2001). Agricultura y el cambio climático. *Revista Agro*, 2. Recuperado el 27 de enero del 2011, de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0103sp2.htm>
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2006). *Las repercusiones del ganado en el medio ambiente. El desafío estriba en reconciliar dos demandas: la de productos animales y la de servicios ambientales*. Recuperado el 13 de diciembre del 2010, de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0612sp1.htm>
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2008). *Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en Latinoamérica y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos*. Santiago de Chile: FAO.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2010). *Ganadería bovina en América Latina. Escenario 2008-2009 y tendencias del sector*. Santiago de Chile: FAO.
- Ibrahim, M. et ál. (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. *Agroforestería en las Américas*, 45, 27-36.
- Ibrahim, M.; Villanueva, C. & Casasola F. (2007). *Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centroamérica*. Recuperado el 25 de febrero del 2011, de [http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2015%20Supl/p\\_ibrahim.pdf](http://www.alpa.org.ve/PDF/Arch%2015%20Supl/p_ibrahim.pdf)
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Corporación Colombia Internacional (CCI). *Oferta Agropecuaria. ENA-cifras 2009*. Recuperado el 28 de enero del 2011, de [http://www.agronet.gov.co/www/docs\\_agronet/201046112648\\_RESULTADOS\\_ENA\\_2009.pdf](http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/201046112648_RESULTADOS_ENA_2009.pdf)
- Montenegro, J. & Abarca S. (2002). Fijación de carbono, emisión de metano y de óxido nitroso en sistemas

- de producción bovina en Costa Rica. En *Depósito de documentos de la FAO, Intensificación de la ganadería en Centroamérica. Beneficios económicos y ambientales* (cap. 10). Recuperado el 30 de septiembre del 2010, de <http://www.fao.org/WAIRDOCS/LEAD/x6366s/x6366s10.htm>
- Moss, A.R.; Jounany, J.P. & Newbold, J. (2000). Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *INRA-EDP Sciences and Zootechn*, 49, 231-233.
- Murgueitio R.E. (1999). *Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia*. Recuperado el 26 de enero del 2011, de <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Murgueit.htm>
- Murgueitio, E. & Ibrahim, M. (2001). Agroforestería pecuaria para la reconversión de la ganadería en Latinoamérica. *Livestock Research for Rural Development*, 13(3). 26-35. Recuperado el 02 de febrero del 2011, de <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/3/murg133.htm>
- Sánchez, M. (1999). Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En Food and Agriculture Organization (FAO), *Conferencia electrónica de la FAO sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. Recuperado el 03 de febrero del 2011, de <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/agrofor1/Sanchez1.htm>
- Steinfeld, H. et ál. (2006). *Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options*, Roma: LEAD-FAO. Recuperado el 7 de enero del 2011, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a0701e/a0701e.pdf>
- Villanueva, C. et ál. (2009). Sistemas silvopastoriles: una herramienta para la adaptación al cambio climático de las fincas ganaderas en América Central. En Sepúlveda L., C. & Ibrahim, M. (eds.), *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas: como una medida de adaptación al cambio climático en América Central*. (pp. 103-125). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).