

38460

# Sistemas silvopastoriles: un aporte al mejoramiento productivo y medio ambiental de la **ganadería bovina**

## Resumen

**E**l desarrollo de la ganadería bovina es indispensable para el fortalecimiento del sector agropecuario del país. La seguridad alimentaria de una población humana en constante crecimiento depende, en gran medida, de la cantidad y calidad de los productos que se originan de esta actividad productiva, tales como la leche, la carne y sus derivados. Pese a que cada día se mejoran más los estándares de calidad y eficiencia productiva, aún falta mucho por hacer. La ganadería bovina no solo enfrenta el reto de mejorar sus propios procesos, sino también el de hacerle frente a fenómenos reales como el cambio climático. Es por eso que en la actualidad es indispensable crear todo un entorno en donde los sistemas productivos tengan la capacidad de ser sostenibles y resilientes desde el punto de vista ambiental, económico y social. De acuerdo con lo anterior, los sistemas silvopastoriles se han convertido en una estrategia competitiva para mejorar la productividad y disminuir el impacto negativo de los fenómenos climáticos sobre los sistemas ganaderos.

**Leonardo Cardona I.**  
Zootecnista - MSc  
Universidad de Antioquia  
juanleo012@gmail.com  
Colombia

## PALABRAS CLAVE:

Cambio climático, forrajeras tradicionales, gas metano, metabolito secundario, metanógeno.

## Abstract

**D**evelopment of cattle farming is essential for the strengthening of the country's agricultural sector. The food security of a human population in constant growth depends, mainly, on the quantity and quality of the products originated from this productive activity, such as milk, meat and its derivatives. Although every day the quality and productive efficiency standards are improved, there is still much to be done. Cattle farming not only face the challenge of improving its own processes, but also that of facing up to real phenomena such as climate change. For this reason it is essential to create an environment where production systems have the capacity to be sustainable and resilient in the environmental, economic and social aspects. According to the above, Silvopastoral Systems have become a competitive strategy to improve productivity and reduce the negative impact of climatic phenomena on livestock systems.

### KEYWORDS:

Climate change, traditional forages, methane gas, secondary metabolite, methanogen.

Los sistemas de producción bovina en Colombia tienen gran importancia económica y social, esta actividad se realiza en gran parte del territorio nacional y en diferentes agrosistemas. Las variables climáticas particulares de cada zona agroecológica, tales como los tipos de suelos, especies forrajeras establecidas, temperatura, precipitación, humedad relativa y vientos pueden afectar negativamente el desempeño de los bovinos cuando el sistema productivo no está en equilibrio (Panadero, 2010). La mayoría de los sistemas ganaderos se desarrollan bajo condiciones extensivas, en las que predomina el monocultivo de gramíneas y es escasa o nula la presencia de cobertura arbórea, producto de conceptos y tecnologías que en la actualidad están siendo seriamente reevaluadas.

## Efectos del cambio climático sobre la humanidad y los sistemas ganaderos

**E**l calentamiento global es una realidad, el planeta Tierra se está enfrentando a un gradual y severo aumento del efecto invernadero, causado por el incremento de diferentes gases (Carmona *et al.*, 2005; Soliva & Hess, 2007). La acumulación de los llamados gases de efecto invernadero —GEI—, conllevan un aumento en la temperatura, acompañado de cambios repentinos en el patrón del clima en todo el mundo (IPCC, 2007). El grupo más significativo de GEI, lo componen el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), entre otros. Dichos gases se caracterizan por tener un gran poder de calentamiento sobre la atmósfera de la Tierra, ya que se acumulan allí y no permiten que salgan los rayos del sol que entran a la Tierra y deben volver a salir, aumentando y reteniendo así el calor en la atmósfera (Bonilla & Clemente, 2012).



► Los fenómenos climáticos como las heladas, afectan el bienestar de los animales y la productividad de las pasturas. Foto. Leonardo Cardona I.

## Relación entre la ganadería

El efecto invernadero conllevará a que en las próximas décadas se incremente drásticamente la formación de fenómenos naturales destructivos, como huracanes, ciclones o tsunamis, heladas, fuertes y prolongadas sequías o inviernos (Duque, 2008). Los patrones climatológicos cambiantes conllevarán a la aparición de enfermedades tropicales como el dengue o la malaria y a la extinción de especies animales y vegetales (Ideam, 2015). Sin embargo, y pese a las recomendaciones de los expertos, las emisiones de GEI a nivel mundial siguen elevando su concentración atmosférica. Los sistemas productivos pecuarios, sobre todos los ganaderos, se verán enfrentados a procesos de desertificación, erosión, pérdida de la calidad de los suelos y disminución de las fuentes hídricas, todo esto conllevará una seria escasez de alimentos, sobre todo para los rumiantes en pastoreo que basan su dieta en el consumo de forrajes.

Mucho se escucha sobre la posible relación que existe entre la actividad ganadera y el cambio climático, numerosos argumentos que se dice, son basados en teorías falsas y solo pretenden hacer ver a los sistemas ganaderos y a los rumiantes como los directos responsables de la contaminación ambiental. Es un tema en el cual se debe opinar objetivamente y teniendo en cuenta todos los aspectos que lo rodean. El cambio climático no es un fenómeno reciente, los antecedentes datan de millones de años atrás, con la sucesión de las eras glaciales. El actual fenómeno del cambio climático se vio acelerado desde 1800, cuando se puso en marcha la denominada revolución industrial.

En esa época fue acelerado el desarrollo de las tecnologías que utilizaban los combustibles fósiles como el carbón, petróleo, gas, gasolina,

entre otros, como fuente de energía. Esto influyó directamente en la aparición y posterior aumento paulatino de los GEI arrojados a la atmósfera. Los GEI como el dióxido de carbono, metano u óxido nitroso son liberados a la atmósfera en, su mayoría, por fuentes derivadas de las actividades humanas, tales como la industria, los automóviles, los yacimientos de recursos del subsuelo, quemas o rellenos sanitarios, entre otros. Este tipo de gases, especialmente el metano, también se produce y es emitido a la atmósfera por fuentes naturales como los pantanos y cultivos de arroz (Bonilla & Clemente, 2012).

A los rumiantes se les ha estigmatizado de ser grandes productores de gas metano (CH<sub>4</sub>) y esto es parcialmente cierto. Los rumiantes sintetizan metano debido a su anatomía y fisiología digestiva, es algo propio del proceso de fermentación del material fibroso en el rumen, ayudado por gran cantidad de microorganismos (bacterias, hongos y protozoos). Durante la fermentación microbiana de los alimentos y sobre todo de los carbohidratos, además de sintetizarse ácidos grasos volátiles –AGV–, también se libera hidrógeno (H<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Ramírez *et al.*, 2014). Estos compuestos son utilizados por microorganismos metanogénicos, los cuales producen metano como estrategia para obtener energía (Janssen, 2010). La producción de metano a nivel ruminal es entonces una estrategia evolutiva para mantener la estabilidad del rumen y, así mismo, las bacterias metanogénicas en cierta proporción son necesarias para la remoción de otros gases en forma de metano.

Aunque los rumiantes producen cierta cantidad de metano debido a su naturaleza digestiva, no son los únicos ni mucho menos directos responsables de la contaminación ambiental, como muchas veces se quiere hacer creer erróneamente. El problema de la síntesis

de metano a nivel ruminal, más que lo ambiental, radica en que esa síntesis y posterior emisión de metano, le resta energía al animal, energía que debería estar disponible para la producción de leche, carne, lana o crías. Es por eso que aunque la síntesis de metano por parte de los microorganismos metanogénicos es necesaria, lo que se debe procurar es disminuir la cantidad de metano emitido por animal (Cardona *et al.*, 2016)

Se estima de manera general que un bovino adulto produce aproximadamente 23g de CH<sub>4</sub>/kg materia seca consumida, esta tasa se puede aplicar a una amplia variedad de dietas, independiente de si las vacas están en pico de producción o lactancia tardía e incluso en ganado de carne (Marín, 2013). Cuando los bovinos pastorean forrajes de baja calidad nutricional, la producción de metano puede representar pérdidas que varían entre el 15 y el 18 % de la energía consumida en la dieta (Carmona *et al.*, 2005). Por lo tanto, nutricionalmente lo que se debe fomentar es el uso de dietas que aumenten la productividad animal, pero a la vez disminuyan la producción de metano en rumen.

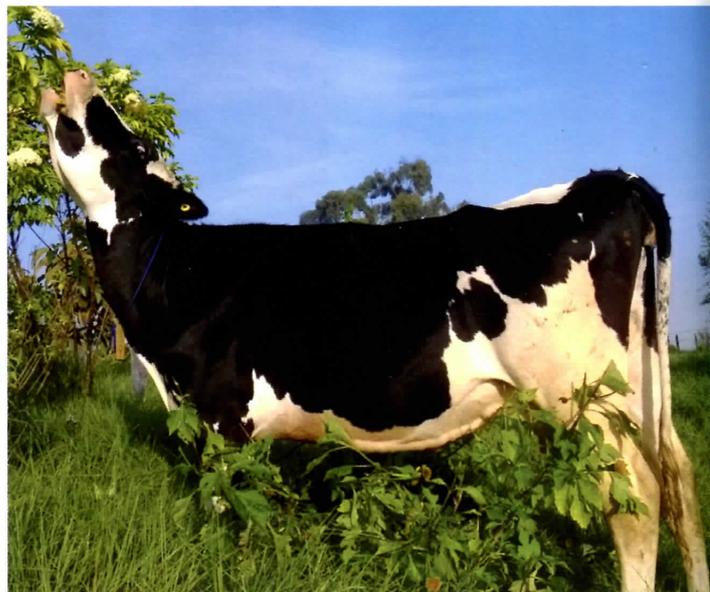
► La producción de metano en rumiantes está directamente relacionado con aspectos tales como la edad y raza del animal, estado fisiológico, nivel de producción, pero sobre todo por la cantidad y calidad del alimento consumido. Foto. Leonardo Cardona I.



En sistemas de ganadería bovina es pertinente utilizar estrategias de alimentación basadas en suplementación estratégica con forrajeras tropicales, las cuales han demostrado mantener un óptimo balance ruminal que mejora la productividad animal y disminuye la producción de GEI como el metano (Galindo *et al.*, 2005). El uso de ciertas especies forrajeras y arbóreas tropicales en la alimentación de bovinos han mostrado una tendencia a disminuir la síntesis de CH<sub>4</sub>, debido a la presencia de un grupo de compuestos llamados metabolitos secundarios -MS-, los cuales, al parecer, tienen cierto efecto antimetanogénico, además de que aumentan el consumo y la velocidad de paso de los alimentos, mostrando así una importante disminución en la producción de CH<sub>4</sub> por unidad de forraje digerido (Angarita, 2013).

## ¿Por qué el uso de Sistemas Silvopastoriles (SSP) puede mejorar la productividad y disminuir la contaminación ambiental en los sistemas ganaderos?

**E**n los sistemas de producción ganadera, sobre todo los de lechería especializada en trópico alto, al adoptar sistemas basados en monocultivos con alta fertilización sintética, se pueden generar serios problemas ambientales, como degradación del suelo, contaminación de aguas y emisiones de gases de efecto invernadero como el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), (Navas, 2007). Actualmente, la ganadería en Colombia tiene gran potencial para acceder a mercados internacionales, los cuales, además, de valorar la calidad del producto (carne, leche y/o genética, entre otros), tienen en cuenta aspectos relacionados con el bienestar animal, la conservación de los recursos naturales



y aspectos sociales. Por lo tanto, es necesario analizar la posibilidad de redireccionar los sistemas ganaderos, sobre todo en trópico alto. Una estrategia interesante es el establecimiento de sistemas silvopastoriles -SSP-, en los cuales la diversificación de especies y formación de varios estratos vegetales en el sistema han demostrado aumento en la producción y calidad del forraje.

Los SSP han sido probados con éxito, no solo en sistemas de producción bovina, sino también en sistemas ovinos, caprinos y bufalinos, notándose mejoramiento de la calidad del suelo a través del ciclaje de nutrientes, fijación de nitrógeno, regulación del balance hídrico, reducción en la fijación de CO<sub>2</sub> y la disminución de la producción de metano a nivel ruminal. También ha sido notoria la disminución del estrés calórico en los animales, entre otros. Lo anterior conlleva a mejorar la productividad y bienestar animal, así como también la sostenibilidad de los recursos naturales de los sistemas ganaderos (Santacoloma, 2011).



En los sistemas silvopastoriles se fomenta la interrelación de varios estratos en la pradera: gramíneas, leguminosas, arbustos forrajeros y/o árboles, que mejoran la consistencia del suelo, diversidad y cantidad de forrajes y un mayor equilibrio del agrosistema en general. La fotografía es de un SSP establecido en la hacienda La Montaña, perteneciente a la universidad de Antioquia (San Pedro de Los Milagros, Antioquia), donde se observa como gramínea base el pasto Kikuyo (*Cenchrus-clandestinum*), como forrajera de ramoneo Botón de oro (*Tithonia-diversifolia*), árboles de Aliso (*Alnus acuminata*) como árbol disperso en la pradera y Sauco (*Sambucus peruviana*) como barrera rompevientos. Foto. Leonardo Cardona I.

La baja calidad de las pasturas en el trópico hace que el uso de especies forrajeras, arbustivas y arbóreas en la alimentación de rumiantes represente una alternativa para el desarrollo de sistemas ganadero, ambiental y económicamente sostenibles (Galindo *et al.*, 2005). La utilización de árboles y arbustos como colaboradores en la fermentación ruminal, con la finalidad de reducir la producción de metano, podría llegar a ser un enfoque promisorio para la ganadería bovina mundial. Actualmente, se han identificado plantas que tienen propiedades antimetanogénicas, debido a que poseen compuestos como los taninos y las saponinas, los cuales están presentes en diversas especies de forrajes y arbustivas, que se pueden incluir dentro de la alimentación de los rumiantes y cuyo establecimiento y manejo no requieren de grandes inversiones económicas (Apráez *et al.*, 2012).

En la actualidad existe un interés por el estudio, validación y uso de los llamados Metabolitos Secundarios de las Plantas –MSP–, ya que estos representan una alternativa natural para disminuir los aditivos químicos, cuyos residuos pueden alcanzar los alimentos de origen animal (Patra & Saxena, 2010). La mayoría de los MSP conocidos se encuentran en especies forrajeras de uso tradicional, por lo tanto al diversificar los sistemas de pastoreo y no establecer únicamente especies gramíneas en monocultivos, se podría aumentar el consumo de algunos MSP por parte de los rumiantes (Apráez *et al.*, 2012).

## Efecto de los MSP de algunas especies forrajeras sobre la producción de metano ruminal

Prácticamente, todas las plantas producen diversos compuestos biológicos que son clasificados como metabolitos o compuestos primarios y secundarios. Los primarios son esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas (Bodas *et al.*, 2012). A su vez, los metabolitos secundarios constituyen el principal mecanismo de defensa ante la presencia de depredadores, tanto los metabolitos primarios como los secundarios varían según la especie vegetal, edad de la planta y factores climáticos como inviernos o fuertes sequías. Existe gran variedad de metabolitos secundarios, los cuales se clasifican de acuerdo con las sustancias químicas que los constituyen. Los más relacionados con la disminución de metano a nivel ruminal son los taninos y las saponinas (Bodas *et al.*, 2012;).

Tanto los taninos como las saponinas, al ser ingeridos por el animal, actúan a nivel ruminal sobre la membrana que recubre los microorganismos metanogénicos, causando una especie de “intoxicación”, lo que conlleva a posteriores deficiencias nutricionales y muerte de dichos microorganismos. Al disminuir la cantidad de metanógenos, directamente disminuye la síntesis de metano en rumen y su posterior emisión al medio ambiente (Ortiz *et al.*, 2014). En muchas especies de leguminosas, forrajeras para ramoneo, arbustos y árboles utilizados en sistemas silvopastoriles, tanto en trópico alto como en bajo, se ha evidenciado la presencia de metabolitos secundarios; entre dichas especies se encuentran las que se relacionan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Especies forrajeras, arbustivas y arbóreas, de trópico alto y bajo en las cuales se ha detectado la presencia de MSP (taninos y/o saponinas)

Nombre Común	Nombre Científico	Altitud (msnm)	Principales Usos en SSP
Botón de oro	<i>Tithonia diversifolia</i>	0 a 2700 m	Ramoneo directo, banco proteína, abono verde, cerca viva
Morera	<i>Morus alba</i>	0 a 2700 m	Ramoneo directo (pequeños rumiantes), banco proteína
Quebrabarrigo, Nacedero	<i>Trichanthea gigantea</i>	0 a 2200 m	Banco proteína, sombra, cortina rompevientos, cerca viva
Sauco	<i>Sambucus peruviana</i>	2500 a 3800 m	Ramoneo directo, banco de proteína, cortina rompe vientos, cerca viva
Aliso	<i>Alnus alcuminata</i>	1400 a 3200 m	Cortina rompeviento, sombrío
Leucaena	<i>Leucaena eucocephala</i>	0 a 1500 m	Ramoneo directo, banco proteína
Matarratón	<i>Gliricidia sepium</i>	0 a 1400 m	Ramoneo directo, banco proteína, cerca viva, cortina rompeviento
Piñón de oreja, Orejero	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0 a 1300 m	Sombrío, maderable y forrajero (semillas)
Jaboncillo	<i>Sapindus saponaria</i>	0 a 1800 m	Sombrío, madera, cortina rompevientos
Guásimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	0 a 1100 m	Sombrío, cercas vivas, forrajero (semillas)
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	0 a 1800 m	Banco proteico



▶ En trópico bajo, los SSP son una estrategia fundamental para la producción de carne y/o leche. Diferentes especies forrajeras, arbustivas y abóreas se combinan para formar un ambiente que brinda confort al animal, lo que mejora los parámetros productivos y reproductivos de estos sistemas de producción. Foto. Leonardo Cardona I.

Muchas de las especies forrajeras de ramoneo, arbustivas y arbóreas establecidas y/o nativas, son de gran valor nutricional para los rumiantes y también sirven de protección y sombrero, propiciando el bienestar animal. Además de lo anterior, pueden contribuir con la disminución de la emisión de metano ruminal, gracias al efecto que tienen varios de sus componentes. Este es un tema que necesita de más capacitación, validación y promulgación por parte de los entes correspondientes.

## ¿Por qué los SSP contribuyen a mejorar la productividad animal?

La producción de leche, carne, lana y los parámetros reproductivos así como la salubridad de los rumiantes depende, en gran medida, de la cantidad y calidad de su alimento base: los forrajes. Aunque los rumiantes se pueden suplementar con alimentos balanceados y otro tipo de suplementación específica, es el forraje el alimento que en mayor proporción deben consumir y el cual debe suministrar la mayor cantidad de nutrientes posibles para garantizar el mantenimiento y productividad del animal.

Procurar un óptimo balance de nutrientes en la dieta es lo que el productor debe buscar al establecer sus sistemas de pastoreo y/o algún tipo de suplementación en el hato.

Los sistemas de lechería especializada en Colombia, localizados en trópico alto, se basan en praderas de monocultivos de gramíneas, bajo condiciones de fertilización convencional, y los niveles de proteína de estas praderas son altos, con un promedio de 21%. Debido a esto, los animales consumen forrajes con altos niveles de proteína de alta degradabilidad que se convierten en un problema al no contar con la energía (carbohidratos fibrosos y no fibrosos) necesaria para que haya un buen balance proteína-energía a nivel ruminal. Cuando se logra dicho balance se potencializan los microorganismos ruminales y, por consiguiente, se espera un aumento en la degradación del material fibroso de la dieta.

En los sistemas de trópico bajo, al contrario que en el trópico alto, las gramíneas, en su mayoría, tienen deficiencias en el aporte de proteína (nitrógeno) efectiva a la dieta del animal, lo que va en contra de las ganancias de peso y/o producción y calidad composicional de la leche.

Además, los bajos niveles de proteína bruta en la dieta (inferior al 7% de la materia seca consumida), pueden ocasionar restricciones en el consumo por deficiencias para el crecimiento de la flora ruminal. Los SSP garantizan al animal una mejor alternativa de alimentación, debido a que ofrecen una diversidad de forrajes que permiten regular el consumo y la selectividad. Esa variedad de forrajes o “ensalada” garantiza que el animal obtenga los nutrientes que necesita, la combinación de especies aporta al animal una óptima sincronía ruminal y nutricional, fomentando el bienestar y la eficiencia productiva (Tarazona *et al.*, 2012).

La producción de leche en Colombia está orientada a la obtención de productos de excelente calidad, es por eso que el pago de la leche cruda al productor se está estableciendo de acuerdo con la calidad composicional de esta (grasa, proteína). Lo anterior genera necesariamente que se consideren nuevas alternativas de alimentación bovina, así se espera que mejoren los parámetros de calidad composicional y se disminuyan los impactos negativos sobre el medio ambiente

(Gallego *et al.*, 2014).

Especies forrajeras como el botón de oro y la morera han evidenciado tener una óptima composición química y digestibilidad ruminal. El botón de oro, por ejemplo, al ofrecer un buen aporte de carbohidratos no estructurales (solubles) (hasta 20% de la MS), podría garantizar un buen balance de energía-proteína en rumen. Además, se le han evidenciado buenos valores de minerales (cenizas: 15%, Ca: 0.9% y P: 0.4%). También se ha encontrado en varios estudios liderados por investigadores de la Facultad de Ciencias Agrarias de La Universidad de Antioquia en el Norte Antioqueño, una correlación entre el consumo de botón de oro y la disminución del MUN (Nitrógeno Ureico Leche) y el Recuento Células Somáticas - RCS-, lo primero, posiblemente, debido al aporte de energía que hace la planta al rumen, balanceando la proteína y la disminución del RCS, debido posiblemente a ciertos compuestos (metabolitos) que contiene la planta, los cuales disminuyen los procesos inflamatorios en el animal, lo cual está en proceso de investigación y validación (Cardona *et al.*, 2016).





Uno de los mitos de los SSP es que especies forrajeras como el Botón de oro y la Leucaena, establecidos en trópico alto y bajo respectivamente, no son palatables para los bovinos. Dicha teoría está totalmente desvirtuada, puesto que en SSP donde se manejen tiempos óptimos de corte y/o pastoreo de estas especies, la única limitante para disminuir su consumo es la oferta de la forrajera. Fotos. Leonardo Cardona I.

Como el matarratón, con proteína hasta del 25% y digestibilidad del 69%, o la Leucaena, con porcentaje de proteína del 30% y digestibilidad del 68%, son especies forrajeras de gran valor nutricional para los rumiantes, su aporte de proteína de buena calidad, sumado a los minerales y su moderado aporte de FDN (Fibra Detergente Neutro) y FDA (Fibra Detergente Ácida), hacen de estas y otras especies forrajeras y arbustivas de trópico bajo una óptima estrategia para alimentación animal. La diversidad nutricional que aportan estas especies al animal, probablemente hacen que aumente las ganancias de peso, la cantidad y calidad composicional de la leche y el mejoramiento de los parámetros reproductivos, que son tan bajos en estos sistemas de producción ganadera.

## Los SSP proporcionan confort al animal

La disminución de árboles, como consecuencia de la adecuación de praderas para el establecimiento de monocultivos, ha contribuido a una reducción de captación de CO<sub>2</sub> atmosférico, ya que las pasturas no tienen la misma eficiencia que los árboles y arbustos para esta actividad, lo que contribuye al calentamiento global (Santacoloma, 2011). Los modelos de producción bovina en el país no han tenido en cuenta las condiciones climáticas de los diferentes agrosistemas, en los cuales las variables como temperatura, humedad relativa y evaporación pueden limitar la productividad y la óptima reproducción de los rumiantes.

Además, las condiciones medioambientales extremas pueden ser un factor de riesgo para la presencia de enfermedades en el hato. Tanto las razas *Bos Taurus* como *Bos Indicus* presentan rangos de termoneutralidad donde pueden expresar su potencial genético y cuando los animales se salen de esta zona confort (zona termoneutral) entran en estrés calórico que reduce su desempeño y, en ocasiones, puede causar la muerte. Una de las funciones de los sistemas silvopastoriles es que contribuyen a reducir el estrés calórico, ya que bajo la copa de los árboles se reduce entre 2 y 9 grados centígrados la temperatura con relación a las áreas de potrero abierto (Panadero, 2010). Así mismo, los arreglos de arbustivas forrajeras en surcos o la incorporación de cercas vivas, mejoran el confort animal y evitan el paso de plagas y enfermedades de un hato a otro.

## Consideraciones finales

- El cambio climático es una realidad, por ello desde el sector agropecuario se deben crear estrategias para tratar de mitigar sus efectos, procurando siempre conservar la productividad y la rentabilidad, pero también con un enfoque de sostenibilidad ambiental y social del sector.

- La producción de gases de efecto invernadero, sobre todo de metano, por parte de los rumiantes, es un proceso natural propio de la fisiología y anatomía de estas especies. Sin embargo existen estrategias nutricionales que disminuyen la producción de metano ruminal, sin afectar la productividad o el bienestar animal.

- El conocimiento de la existencia de los llamados Metabolitos Secundarios de las Plantas (MSP), es una herramienta que le servirá al productor para establecer sistemas de pastoreo en los que se incluyan especies vegetales que contengan estos compuestos. De esta manera estará utilizando especies nutritivas para el animal, que a la vez tengan un valor agregado al contribuir con la disminución de la síntesis ruminal y posterior emisión del gas metano hacia el medio ambiente.

- Los Sistemas Silvopastoriles son una opción interesante que, día a día, han mostrado un restablecimiento y sostenibilidad integral de los sistemas ganaderos en el trópico. Su establecimiento, eficiencia y productividad dependen de un buen manejo, basado en la capacitación y asesoría constante. ■

► Los SSP contribuyen con el mejoramiento de la sensación térmica y mitigan los efectos climáticos como la radiación solar, vientos, lluvia o heladas. Al estar el animal en homeostasis (equilibrio interno) se aumenta el consumo de alimento y la eficiencia en la conversión de los nutrientes, en productos pecuarios como leche, carne, lana o crías. Foto: Leonardo Cardona I.





## Referencias

- Angarita, E.A. (2013). *Efecto de la inclusión de un forraje tanífero sobre las poblaciones metanogénicas del ecosistema ruminal en condiciones in vitro e in vivo*. (Tesis). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Apráez, J., Delgado, J.M. & Narváez, J.P. (2012). *Composición nutricional, degradación in vitro y potencial de producción de gas, de herbáceas, arbóreas y arbustivas encontradas en el trópico alto de Nariño*. *Livest. Res. Rural Dev.* 24 (3). Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd24/3/apra24044.htm>
- Bonilla Cárdenas, J.A. & Lemus Flores, C.L. (2012a). *Enteric methane emission by ruminants and its contribution to global climate change*. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. G3 (L2) O:2B1A5L-246
- Bonilla Cárdenas, J.A. & Lemus Flores, C.L. (2012b). *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.
- Cardona, J.L., Mahecha, L. & Angulo, J. (2016). *Fodder shrubs and fatty acids: strategies to reduce enteric methane production in cattle*. *Agron. Mesoam.* 28 (1), 273-288.
- Carmona, C.J., Bolívar, M.D. & Giraldo, A.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 Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 18 (1). 49-63.
- Duque, G. (2008). *Cambio climático y turismo en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1583/1/gonzaloduqueescobar.20085.pdf>

- Galindo, J., N. González, A., Sosa, T., Ruíz, V., Torres, A., Aldana, H., Díaz, O., (Tesis). Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, A. I., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L., & Noda, A. C. (2011). Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones *in vitro*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45 (1), 33-37. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1930/193017615009>
- Gallego, L.A., Mahecha, L. & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl, a gray en la producción de vacas lecheras. *Agron. Mesoam.* (25), 393-403.
- IDEAM. (2015). *Inventario nacional de gases efecto invernadero (GEI)*, Tercera comunicación nacional de cambio climático. Bogotá. Recuperado de [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla\\_INGEI.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023421/cartilla_INGEI.pdf)
- IPCC. (2007). *Changes in atmospheric constituents and in radiative forcing*. In Solomon S, Quin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, et al. (eds). *Climate change 2007: the physical science basis, contribution of working group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (212-213). University Cambridge.
- Janssen, P.H. (2010). *Influence of hydrogen on rumen methane formation and fermentation balances through microbial growth kinetics and fermentation thermodynamics*. *Anim. Feed. Sci. Technol.* (160), 1-22.
- Marín, A. (2013). *Estimación del inventario de emisiones de metano entérico de ganado lechero en el departamento de Antioquia*.
- Navas, A. (2008). *Efecto de los sistemas silvopastoriles en la reducción del estrés calórico y su importancia en la producción bovina tropical*. *Revista El Cebú.* (359), 14-17.
- 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.* 26 (11). Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd26/11/orti26211.html>
- Santacoloma, L. (2011). *Las dietas en las emisiones de metano durante el proceso de rumia en sistemas de producción bovina*. *RIIA*, 2 (1), 55-64.
- Tarazona, A.M., Ceballos, M.C., Naranjo, J.F. & Cuartas, C.A. (2012). *Factors affecting forage intake and selectivity in ruminants*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 25 (3), 473-487.