

# Tecnologías forrajeras para la intensificación de la ganadería en el contexto del cambio climático



**Danilo Pezo Quevedo, Ph.D.**

Consultor  
 Ganadería y Manejo del Medio Ambiente  
 (GAMMA)  
 CATIE  
 pezodanilo@yahoo.com

## 1. Revolución ganadera e intensificación

A fines de la década de los 90's, se lanzó el concepto de "Revolución Ganadera" para describir una tendencia de crecimiento acelerado en la de-

manda de productos pecuarios a nivel mundial, como consecuencia del incremento demográfico acompañado del crecimiento económico. Esto último debería traducirse en un aumento en el ingreso familiar, el que resulta en un mayor consumo per cápita animal. Además, la movilización de parte de la población rural al medio urbano también trae consigo cambios en la dieta, que resultan en aumentos en el consumo per cápita de proteína animal (Delgado y otros, 1999).

Al aplicar esa teoría al caso de Costa Rica, se observó que en los últimos 50 años la población se había triplicado, 2/3 partes de la población rural se había trasladado al medio urbano y en los últimos 20 años el ingreso per cápita casi se había duplicado. Sin embargo, el consumo per cápita de leche y de carne bovina había mostrado pocos cambios. Esto podría sugerir que la Revolución Ganadera se ha presentado sólo parcialmente en el país, con aumento en demanda de proteína animal debida, exclusivamente, al crecimiento poblacio-

nal. No obstante, esto no es cierto, pues ha habido un incremento importante en el consumo de carne de ave, de 1.3 a 22.4 kg/persona/año entre 1963 y 2010 (FAOSTAT, 2015), sustituyendo a la bovina, mientras en el caso de la leche, el consumo era de por sí ya bastante alto (casi 180 kg/persona/año).

Para responder a los incrementos en la demanda de productos pecuarios hay dos opciones: (a) expandir el área en pastos para sostener un hato nacional creciente o (b) incrementar la productividad (kg de producto animal ha<sup>-1</sup>), mejorando la capacidad de soporte de las pasturas; en ambos casos, con o sin aumentos en la producción por animal. En el caso de Costa Rica se ha optado por una alternativa más amigable con el ambiente y, en principio, congruente con la mitigación del cambio climático, como lo es la reducción del área en pastos para retornarla al uso forestal (tasa de deforestación de -0.77% entre el 2000 y 2008); e INTENSIFICAR la producción ganadera, incrementando la carga animal y la producción por animal, lo que resulta en una mayor productividad en las áreas de pasturas remanentes. Sin embargo, lo más importante es analizar cómo se puede hacer esa intensificación en cada finca en particular, para que esta sea sostenible aún bajo las presiones del cambio climático global y de los mercados.

Los elementos fundamentales que deben guiar ese proceso de intensificación son:

- a. Aumentar la productividad y la competitividad, mejorando la eficiencia en el uso de los recursos, reduciendo costos y contrarrestando los impactos del cambio climático.
- b. Promover el cambio de paradigmas y el desarrollo de capacidades de todos los actores en las cadenas productivas.
- c. Crear condiciones favorables para el escalamiento, como es la formulación de políticas públicas específicas, tales como la Estrategia de Ga-

nadería Baja en Emisiones de Carbono y el NAMA (acciones nacionalmente apropiadas de mitigación del cambio climático) de Ganadería, así como créditos direccionados que faciliten el proceso.

## 2. El cambio climático en América Central

América Central es una de las áreas con mayor vulnerabilidad a los impactos del cambio climático en el mundo, el cual se manifiesta en cambios en precipitación, temperatura media y en las variaciones inter-anales de precipitación y de temperatura. Esta variabilidad está siendo cada vez más marcada, lo que dificulta la planificación y la toma de decisiones en el manejo de las fincas (McCarthy, 2014).

En los últimos 50 años, la temperatura en América Central se incrementó en 1.0 a 1.5 °C y se espera que dicho incremento sea de 2.6 a 4.7 °C, a finales de este siglo (CCAD-SICA, 2010). Por otro lado, las precipitaciones anuales totales no han variado significativamente; pero sí han aumentado el número de días secos, compensados por precipitaciones más intensas en los días de lluvia. Esto confirma que los eventos extremos de precipitaciones, se han hecho más frecuentes, incrementando así los riesgos de erosión, de inundaciones y de derrumbes. Se prevé también que la precipitación total anual disminuirá en las próximas décadas, particularmente en los países del norte de América Central (de Nicaragua a Guatemala), llegando en el año 2100 a una reducción de 30 a 36% (CCAD-SICA, 2010). Estos escenarios de aumento de la temperatura y de reducción de las precipitaciones indican que la disponibilidad del recurso hídrico para todos los usos (doméstico, agricultura, generación hidroeléctrica, mantenimiento de la base ecológica y otros) se verá afectada y que la escasez de agua será más acentuada en la Vertiente Pacífica de América Central, que es justamente donde se presenta la mayor concentración de población.

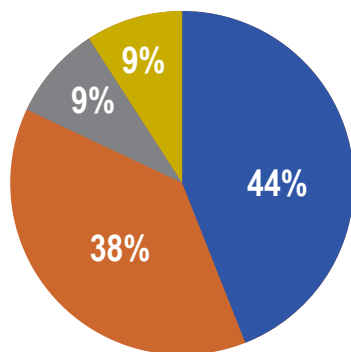
## 3. ¿Cómo puede afectar el cambio climático a la producción ganadera?

El efecto directo más importante del cambio climático sobre el ganado está asociado al estrés de calor, por el incremento en la temperatura, más aún si este viene acompañado por una reducción en la disponibilidad de agua. Ambos ejercerán un impacto significativo sobre los ingresos de los productores por sus efectos en la producción y en la calidad de la leche, en la ganancia de peso, en la eficiencia reproductiva, en la salud animal y en la mortalidad, en casos extremos; pero además dichos cambios incidirán negativamente sobre el bienestar de los animales (Sejian y otros, 2016).

El cambio climático puede ejercer, además, efectos indirectos sobre el ganado, es decir aquellos mediados por otros componentes del sistema de producción animal, como son los suelos, los forrajes, los insectos y los parásitos (Thornton y Gerber, 2010). Las lluvias intensas pueden resultar en mayor erosión y lixiviación de suelos, especialmente en aquellos con cobertura pobre. La mayor temperatura contribuirá a una mayor producción de forrajes, pero de menor calidad nutritiva; además las lluvias intensas y erráticas resultarán en pérdidas de plantas y, eventualmente, en la degradación de pasturas. El aumento en temperatura asociado al cambio climático va a favorecer la presencia de mosquitos y garrapatas en áreas anteriormente libres o con menor presencia de ellos, como son las zonas altas de Costa Rica, incrementando el riesgo de incidencia de babesiosis y anaplasmosis. Por otro lado, los encharcamientos producidos por lluvias intensas en terrenos con problemas de drenaje, favorecerán la incidencia de parasitosis gastrointestinales y pulmonares. Adicionalmente, como consecuencia del cambio climático, los animales van a enfrentar más de un factor estresante al mismo tiempo, por ejemplo, una alta temperatura y una baja disponibilidad de alimentos. Dadas esas circunstancias serán aditivos los impactos negativos sobre la productividad animal, así como la tolerancia a las enfermedades (Sejian y otros, 2016).

#### 4. ¿Cuál es la contribución de la ganadería en las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI)?

Con frecuencia se ha sobredimensionado -en algunos casos hasta maliciosamente- la contribución de la ganadería a las emisiones de GEI. La agricultura en general es responsable de apenas un 10-12% de la emisión de GEI, de origen antropogénico. Pero, además, puede ser un contribuyente indirecto de las emisiones resultantes de la deforestación (17%), dado que esas tierras eventualmente terminan en uso agrícola o ganadero (Pye-Smith, 2011). Los mayores contribuyentes a la emisión de GEI son la producción de energía (27%), la industria (19%) y el transporte (13%). Dentro del sector agrícola, la ganadería es el mayor contribuyente en las emisiones y a nivel global su aporte es del 12.0-14.5% del total de emisiones (Herrero y otros, 2011), de las cuales el 44% proviene de la producción y del procesamiento de alimentos, el 38% de la fermentación entérica, el 9% de la descomposición de excretas y el 9% de la sustitución de bosques por pasturas (Figura 1).



- Producción y procesamiento de alimentos
- Fermentación entérica
- Descomposición estiércol

Figura 1. Distribución del GEI ganadero

Este último componente puede variar en magnitud de acuerdo con las políticas existentes; por ejemplo, en el caso de

Costa Rica su contribución es mínima, a diferencia de otros países de América Central y Sur, donde todavía hay tasas de deforestación altas y las áreas deforestadas, eventualmente, terminan en pasturas.

#### 5. Tecnologías forrajeras para la mitigación/adaptación al cambio climático

##### 5.1 Protección o cambio de uso del suelo en zonas vulnerables

Es frecuente encontrar fincas en áreas de ladera, en las que se practica el pastoreo en potreros con pendientes mayores al 50%, con cobertura vegetal pobre, y con los consiguientes problemas de erosión y de baja productividad animal (Blanco-Sepúlveda y Nieuwenhuys, 2011). La erosión resulta en pérdidas de materia orgánica del suelo y, por tanto, la capacidad de fijar carbono, un elemento importante en la mitigación del cambio climático. Además, se acelera el proceso de mineralización de la materia orgánica remanente, con la consiguiente liberación de  $N_2O$ , el cual se pierde si no hay cultivos de cobertura que los absorban. Por ello, en terrenos con pendientes marcadas, las prácticas de agricultura de conservación como el no-laboreo o la labranza mínima; el uso de abonos verdes; el establecimiento de barreras vivas con leñosas forrajeras; pastos de corte o aquellos de crecimiento rastrero; la eliminación de las quemadas, así como la implementación de cualquier otra práctica, que ayude a prevenir la erosión y a optimizar la captura e infiltración de agua, son estrategias que ayudan en la adaptación y mitigación del cambio climático en sistemas ganaderos.

Aunque lo ideal en muchos casos podría ser el excluir esas áreas del proceso productivo, dadas sus características de vulnerabilidad y los eventuales riesgos de desastres; una decisión de ese tipo no es siempre posible de implementar en la práctica, a menos que el productor

decida rehabilitar otras áreas en terrenos más aptos e intensificar el uso del suelo en dichas áreas, como fue el caso de Hojancha en Costa Rica (Rivera-Céspedes y otros, 2016). Otras opciones para esas áreas son la reforestación y la estabulación -temporal o total- del ganado, usando forrajes de corte. Esta última opción requiere, generalmente, de inversiones cuantiosas a corto plazo y su factibilidad económica también será dependiente del costo de mano de obra y del equipo, pues los sistemas de "corte y acarreo" son demandantes en esos recursos. Además, en esos sistemas hay que hacer inversiones para manejar las excretas, a fin de reducir la contaminación de fuentes de agua y hacer un uso más eficiente de los nutrientes reciclados. Cualquiera sea la situación, la implementación de estas opciones será facilitada por el acceso a créditos subsidiados o incentivos en efectivo o en especie, como por ejemplo el apoyo del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) a productores en la cuenca del río Reventazón.

##### 5.2 Rehabilitación de pasturas degradadas

La degradación de pasturas constituye una amenaza para el bienestar de los productores y de los pobres del medio rural, pues al degradarse las pasturas estas pierden su capacidad de soporte, la producción por animal se reduce y, consecuentemente, disminuye el potencial de productividad animal. Cuando se cuantificó el impacto de la degradación sobre la productividad y la economía del productor en pasturas de *Brachiaria brizantha* cv. *Marandú*, utilizadas con vacas de doble propósito (Betancourt y otros, 2007) se encontró que las vacas reducían su producción por lactancia en un  $34 \pm 19\%$ , en pasturas muy severamente degradadas (Cuadro 1). En vista de esas condiciones, la disponibilidad de pasto se redujo marcadamente, entonces la carga animal se disminuyó desde 2.0 a apenas 0.5 vacas  $ha^{-1}$  y, por ello, los productores dejaban de percibir hasta US\$ 737  $ha^{-1}$  año $^{-1}$  (Cuadro 1). En el caso de novillos



en crecimiento, mantenidos en pasturas muy severamente degradadas, la ganancia de peso por animal bajó en un  $43 \pm 9\%$  y el ingreso en US\$  $579 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . Estas disminuciones en los ingresos deben ser mucho mayores en la actualidad, pues en ese momento los productores en El Petén (Guatemala) recibían US\$ 0.28 por kilo de leche y US\$ 1.00 por kilo de animal en pie.

La degradación de pasturas no solo tiene impactos productivos y económicos, sino también de tipo ecológico, pues se reduce la capacidad para capturar y acumular carbono, aumenta la emisión de  $\text{CH}_4$  por kilo de producto animal, hay pérdida de biodiversidad y se incrementa la erosión y la compactación de suelos. Adicionalmente, se dan impactos de tipo social, como la pérdida de la capacidad adquisitiva de

la familia productora, así como la habilidad para manejar el riesgo. Además, en áreas con sistemas más extensivos, los productores o miembros de su familia tienen que recorrer mayores distancias en busca de pastos durante los períodos críticos, con las consecuencias de la separación temporal de miembros de la familia.

Por todas estas razones, la rehabilitación o renovación de pasturas degra-

**Cuadro 1.** Impacto de la degradación de pasturas sobre la carga animal, la producción de leche por vaca y por hectárea, y el ingreso en Petén, Guatemala

Nivel de Degradación	Carga animal UA/ha	Producción de leche (l/vaca/año)	Reducción en producción de leche (%/vaca)	Reducción ingreso US\$/ha/año <sup>1</sup>
Ninguna	2.0	1582 ± 78	--	--
Leve	1.7	1474 ± 27	7 ± 3	184.30
Moderada	1.3	1395 ± 90	12 ± 8	378.14
Severa	1.0	1245 ± 118	21 ± 8	537.32
Muy severa	0.5	1060 ± 300	34 ± 19	737.52

<sup>1</sup> Precio de leche pagado al productor US\$ 0.28/kg  
Adaptado de: Betancourt y otros. 2007.

dadas es una condición fundamental para la intensificación sostenible de la producción animal en sistemas silvo-pastoriles. Ahora bien, si existen dudas sobre si la inversión paga, basta revisar algunas de las experiencias desarrolladas en la región. En el 2008 los costos de rehabilitación o renovación de pasturas degradadas, en diferentes países de América Central, variaron entre US\$ 142 y 270 ha<sup>-1</sup>, así como los de mantenimiento (control de malezas y reparación de cercas) entre US\$ 4.20 y 29.70 ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Sin embargo, los incrementos resultantes en producción por vaca y carga animal han llevado, en casi todos los casos, a duplicar la productividad (kg leche ha<sup>-1</sup>) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) varió entre 29 y 87% (Haensel, 2008). Los ingresos netos debido a la rehabilitación fueron negativos en el primer año, por cuanto la pastura tiene que excluirse del pastoreo durante la rehabilitación. En el segundo año, se alcanzan valores máximos y, luego, tienden a declinar ligeramente por una disminución en la productividad de las pasturas. No obstante, eso no debe suceder si se incorporan leguminosas persistentes como el maní forrajero (*Arachis pintoi*) (Figura 2). Bajo esas condiciones, la rehabilitación alcanzó el TIR más alto (87%). En todas las experiencias de rehabilitación exitosa de las pasturas degradadas, el retorno a la inversión superó con creces las tasas de interés bancario, lo que hizo atractiva la inversión. Es muy probable que con los precios actuales de insumos y de productos, se produzcan algunos cambios en el TIR, pero no hay duda que la recuperación de pasturas degradadas es económicamente factible; ayuda a contrarrestar los impactos del cambio climático en los sistemas de producción animal; contribuye con servicios ecosistémicos importantes; permite prevenir la deforestación e incluso ayuda a liberar áreas para la regeneración natural de bosques o para establecer plantaciones forestales. Todo ello resulta en una disminución de la huella de carbono en los sistemas ganaderos.

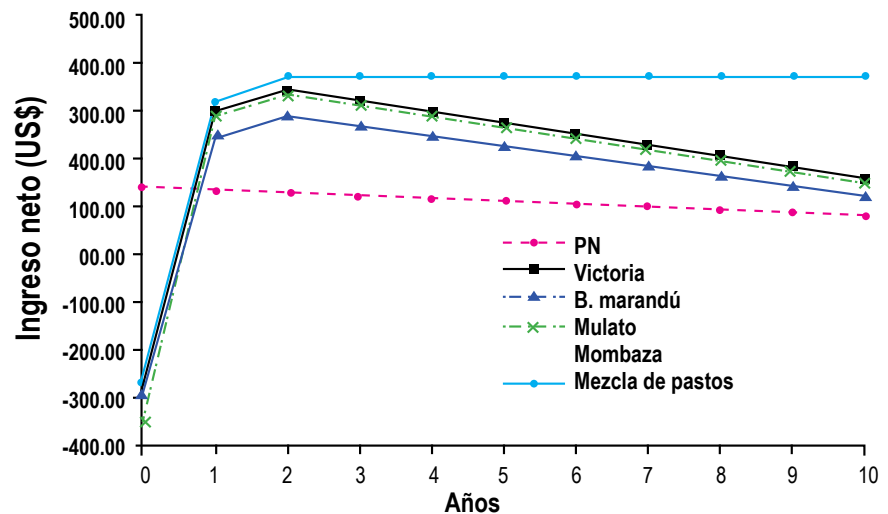


Figura 2. Cambios en el ingreso neto por la renovación de pasturas degradadas (PN), usando diferentes gramíneas solas y en asocio con *Arachis pintoi* (Mezcla de pastos) en Petén, Guatemala (Haensel, 2008).

### 5.3 Germoplasma forrajero para la adaptación al cambio climático

Por muchos años, la selección de la especie de pastos fue, en buena medida, determinada por modas y por la limitada disponibilidad de semillas en el mercado, sin considerar el conocimiento de los atributos que poseen diferentes especies o cultivares de forrajeras, para adaptarse a las limitantes bióticas o abióticas que se presentaban en las fincas. En ese sentido, el trabajo desarrollado en Costa Rica por varias instituciones que formaron parte de la Red Internacional de Evaluación de Pasturas Tropicales (RIEPT), liderada por el CIAT, con los esfuerzos de muchos investigadores y productores innovadores, sumado a los nuevos desarrollos en la industria de semillas de forrajeras tropicales, han permitido que el país esté mejor preparado para enfrentar los retos del cambio climático.

El incremento en temperatura ambiente va a favorecer el crecimiento de las especies, especialmente en el caso de las gramíneas tropicales (C4) e incluso se prevé que cada vez estas encontrarán condiciones para su crecimiento en pisos altitudinales más altos (arriba de los 1,800

msnm), en las que especies como el pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) son ahora dominantes. También, las temperaturas más altas van a promover la mayor incidencia de plagas, por lo que el germoplasma resistente a plagas tendrá mayor potencial de éxito (White y otros, 2013). En ese sentido, *B. brizantha* cv. *Marandú*, y los híbridos Mulato, Mulato 2 y Caimán, por su resistencia/tolerancia al salivazo o "baba de culebra", tendrán mayores posibilidades de persistir. Por otro lado, las lluvias más intensas en períodos cortos acarrearán mayores riesgos de pérdidas de suelos por erosión, por lo que las especies de crecimiento rastrero ayudarán a prevenir esa degradación. Esto aplica también al asocio de las especies de crecimiento rastrero con las de porte erecto que se usan para corte. También esas lluvias intensas -en presencia de suelos con drenaje pobre- resultarán en encharcamiento. Para esas condiciones habrá que considerar pastos tales como la *B. humidicola*, el híbrido Caimán (Rao y otros, 2015) y los pastos tanner, alemán y pará, entre otros.

Por otro lado, si se acepta que el período de lluvias se está acortando, como consecuencia del cambio climático, entonces las forrajeras con sistemas radiculares más profundos, que poseen más toleran-

cia a la sequía, como la *B. brizantha* cv. *Marandú* y el híbrido Caimán, al igual que varias leguminosas herbáceas y leñosas, tendrán mayor potencial de adaptación. Por otro lado, en respuesta al cambio climático se está observando en muchas áreas del mundo, el reemplazo del maíz por sorgo, tanto para la producción de grano como para forraje, dados los menores requerimientos de agua de este último (Tambo y Abdoulaye, 2012). También, se deben reconocer el trabajo de los investigadores para producir variedades de maíz más tolerantes a la sequía.

## 5.4 Germoplasma forrajero para la mitigación del cambio climático

Las forrajeras mejoradas pueden ayudar a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, a través de tres mecanismos (Peters y otros, 2013a):

**Secuestro del CO<sub>2</sub> atmosférico.** Las raíces de forrajeras altamente productivas y bien manejadas son excelentes almacenes de carbono, sólo superadas por las raíces de leñosas propias del bosque húmedo tropical.

**Reducción de las emisiones de CH<sub>4</sub>.** Forrajes de buena calidad nutritiva (alta digestibilidad, altos contenidos de energía y de proteína) emiten una menor cantidad de CH<sub>4</sub>, por kilo de producto animal, comparado con pastos de menor calidad. Además, contribuyen a reducir la emisión neta, pues se requerirán menos animales para producir la misma cantidad de leche o de carne. Asimismo, cuando se incluyen leguminosas en las pasturas, las mismas ayudan a mejorar la digestibilidad de la dieta y a disminuir las emisiones de CH<sub>4</sub>, en especial, si las gramíneas acompañantes son de baja calidad nutritiva. Adicionalmente, los taninos condensados, presentes en varias leguminosas, pueden contribuir a bajar las emisiones de CH<sub>4</sub>, al disminuir la degradación de los forrajes en el rumen.

**Disminución de las emisiones de N<sub>2</sub>O.** Algunas especies de *Brachiaria*

(*B. humidicola*, *B. decumbens*) producen Inhibidores Biológicos de la Nitrificación (IBN). De esta manera, ayudan a reducir las emisiones de N<sub>2</sub>O y a mejorar la eficiencia de uso del nitrógeno, cuando se aplican fertilizantes. Este es un tema relevante porque el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) no considera los IBN, al estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O de pasturas, a pesar de que hay grandes extensiones sembradas de estas especies en América Tropical. Sin embargo, un estudio reciente indica que el efecto de mitigación de los IBN no sería tan alto, considerando que se liberaría NH<sub>3</sub>, el que eventualmente resultará en NO<sub>2</sub> (Lam y otros, 2016).

## Uso cuidadoso de insumos en pasturas

La producción de agroquímicos sintéticos (fertilizantes, herbicidas, fungicidas e insecticidas) es altamente demandante en energía fósil, con altas emisiones de CO<sub>2</sub> en su producción, pero quizás el caso más extremo sea el de la síntesis de urea por el método Haber-Bosch (Wood y Cowie, 2004). Adicionalmente, hay demanda de energía fósil en su transporte y distribución e incluso en su aplicación, si se usa maquinaria (Opio y otros, 2013). Por ese motivo, aunque es prácticamente imposible desligarse de los mismos, se recomienda, en forma vehemente, hacer un uso mínimo y cauteloso de esos insumos externos en la producción de forrajes.

Por otro lado, el empleo de fertilizantes nitrogenados en las pasturas puede resultar en altas emisiones de NO<sub>2</sub>, cuando se excede la capacidad de las especies forrajeras para absorber en un período corto el nitrógeno liberado luego de su aplicación. En términos generales, las emisiones de NO<sub>2</sub> se incrementan exponencialmente, a medida que se acrecienta la dosis de fertilizante nitrogenado (Montenegro, 2012). El problema es mayor cuando se presentan condiciones de saturación de humedad en el suelo. Por esta razón, se recomienda no solo ser cauto con las dosis, sino también la

aplicación fraccionada del fertilizante nitrogenado, después de cada ciclo de pastoreo. Esto permite un uso más eficiente del fertilizante por los pastos y así se reduce la emisión de NO<sub>2</sub>.

Una alternativa a los fertilizantes nitrogenados es la incorporación de leguminosas en asocio con las gramíneas, pues estas son capaces de fijar nitrógeno del aire, usando la energía generada por la fotosíntesis y de transferirla a las gramíneas acompañantes, cuando se descomponen las raíces y el follaje senescente, así como también por las excretas (heces y orina) de los animales en pastoreo (Peters y otros, 2013b). La ventaja es que el nitrógeno liberado por las leguminosas, se hace disponible a una velocidad menor que cuando proviene de la aplicación de fertilizantes inorgánicos. Este puede ser absorbido fácilmente por las gramíneas que crecen en asocio, por lo que se reduce la emisión de NO<sub>2</sub> a la atmósfera. Otras ventajas colaterales de las leguminosas en las pasturas son su contribución a mejorar la calidad de la dieta de sólo gramíneas, de reducir las emisiones de CH<sub>4</sub> e incrementar la fertilidad y las propiedades físicas del suelo, mejorando la estructura y, por consiguiente, la capacidad de infiltración y de retención de humedad en el suelo, así como la acumulación de carbono (Rao y otros, 2015).

## Manejo racional del pastoreo para la mitigación/adaptación al cambio climático

Se han propuesto diversos sistemas de pastoreo, tales como el continuo, el alterno, el diferido, el holístico Savory, el rotacional de alta intensidad y de baja frecuencia Merrill, el pastoreo en línea (líderes y seguidoras), el racional Voisin, entre otros. La idea no es discutir si uno es mejor que otro, sino más bien cómo los elementos que definen el sistema de pastoreo (intensidad y frecuencia de defoliación) pueden incidir en la mitigación y adaptación al cambio climático.

**Cuadro 2.** Deposición de material senescente en pasturas de *Brachiaria humidicola* bajo tres cargas animales en Itabela, Brasil

Carga animal animales ha <sup>-1</sup>	Material senescente			
	Existente ton ha <sup>-1</sup>	Depositado en 14 días ton ha <sup>-1</sup>	Tasa de descomposición g g <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup>	Depositado ton ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>
2	11.7	7.3		29.7
3	10.6	6.6		27.5
4	7.4	4.9		21.3
Promedio	9.9	6.3		26.2

Fisher y otros, 2007

La intensidad de defoliación es determinada por la oferta o disponibilidad de forraje, por animal o por kilo de peso vivo, aunque en términos prácticos es controlado, en buena medida, por la carga animal (número de animales o kilos de peso vivo por unidad de área). Se acepta que, a menor intensidad de defoliación, los animales pueden ejercer una mayor selectividad, consumiendo las partes más digeribles del forraje y, por tanto, habrá una menor emisión de CH<sub>4</sub> entérico por kilo de forraje consumido. Sin embargo, como el consumo será mayor, puede ser posible que la emisión de CH<sub>4</sub>, por animal, sea mayor. No obstante, si esos animales presentan mayores niveles de producción, entonces será menor la emisión de CH<sub>4</sub> por kilo de producto animal (Buddle y otros, 2011). Por otro lado, a menor intensidad de defoliación resultante de la aplicación de una carga animal más baja (Cuadro 2), quedará más residuo senescente postpastoreo, lo cual favorecerá una mayor actividad biológica y la acumulación de más carbono en el suelo (Fisher y otros, 2007). Todos estos eventos contribuyen a mitigar el cambio climático. Adicionalmente, el mayor residuo postpastoreo beneficia la protección del suelo contra la erosión y una mayor retención de su humedad, lo cual será beneficioso en períodos con déficit hídrico; sin embargo hay que buscar un balance, porque el exceso de residuo puede ser detrimental para la pastura.

En cuanto al período de descanso, no puede ser demasiado largo, pues ello redundará en una menor calidad nutritiva del forraje y, por tanto, en una mayor emisión de CH<sub>4</sub> por fermentación entéri-

ca. Tampoco puede ser tan corto como para comprometer la persistencia de la pastura, particularmente si esta es usada con intensidad alta, porque afectaría la adaptación al cambio climático.

### Opciones silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles, son una opción de producción pecuaria, en los que las leñosas perennes (árboles o arbustos) interactúan con las forrajeras herbáceas y con los animales bajo un sistema de manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1999). Algunas de las opciones silvopastoriles se han agrupado en:

- Pastoreo bajo plantaciones o bosques
- Pastoreo/ramoneo bajo bosques primarios o secundarios
- Pasturas en callejones
- Especies forestales o frutales dispersos en potreros
- Bancos forrajeros
- Cercos vivos
- Árboles maderables en linderos
- Cortinas rompe-vientos

Las leñosas perennes presentes en los sistemas silvopastoriles cumplen un rol importante en la mitigación de los efectos del cambio climático, debido a que acumulan cantidades significativas de carbono en los tallos y en los sistemas radiculares. Además, las hojas y vainas, generalmente, son fuentes ricas de nitrógeno y los frutos comestibles tienen niveles altos de azúcares. Todo ello contribuye a mejorar la calidad de la dieta, aumentando la degradación de fibra en el rumen (Ibrahim y otros, 2001), por

lo que, consecuentemente, contribuyen a reducir la emisión de CH<sub>4</sub> por kilogramo de producto animal (Makkar, 2016). Sin embargo, el uso excesivo de los follajes ricos en proteína puede resultar en una mayor emisión de NO<sub>2</sub>. Por otro lado, muchas de las leñosas contienen metabolitos secundarios como son los taninos y saponinas (Cuadro 3), los cuales contribuyen a la mitigación al reducir la tasa de degradación de los forrajes en el rumen y, por tanto, las emisiones de CH<sub>4</sub> entérico (Cuadro 4).

Las leñosas perennes presentes en los sistemas silvopastoriles también contribuyen a la adaptación al cambio climático, pues actúan como amortiguadores ("buffer") de los sistemas pecuarios, contra los riesgos asociados al cambio climático (FAO, 2013). Las copas de los árboles permiten reducir el estrés calórico en los animales (García-Cruz y otros, 2013), aminoran la intensidad de caída de las gotas de lluvia y reducen la evapotranspiración de las forrajeras (Pezo e Ibrahim, 1999). Además, la sombra ejercida por las copas de los árboles, la mejora en la estructura del suelo resultante de los sistemas radiculares y la acumulación de follaje senescente, contribuyen a incrementar la capacidad de retención de humedad en el suelo. Finalmente, cuando los follajes y los frutos de las leñosas perennes están disponibles en períodos críticos, estos pueden ayudar a solventar la escasez de alimentos.

### Conclusiones

El incremento en la demanda de productos de origen animal a nivel local e internacional crea oportunidades interesantes para la intensificación de la ganadería en Costa Rica. Al mismo tiempo, plantea

**Cuadro 3.** Metabolitos secundarios presentes en algunas leñosas forrajeras tropicales utilizadas en sistemas silvopastoriles

Especie	Porción de la planta	Metabolitos secundarios
<i>Acacia pennatula</i>	Hojas, vainas	Taninos
<i>Acacia salicina</i>	Hojas, corteza/Vaina	Taninos/Saponinas
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Hojas	Taninos
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Frutos	Saponinas
<i>Erythrina spp.</i>	Hojas	Eritroidinas, flavononas fungicidas y germicidas.
<i>Flemingia macrophylla</i>	Hojas	Taninos
<i>Gliricidia sepium</i>	Hojas	Cumarinas, glucósidos cianogénicos, nitratos, taninos
<i>Leucaena leucocephala</i>	Hojas	Mimosina, taninos,
<i>Moringa oleifera</i>	Hojas	Taninos (bajo)
<i>Sesbania sesban</i>	Hojas	Saponinas
<i>Tithonia diversifolia</i>	Hojas	Taninos (bajo)
<i>Trichantera gigantea</i>	Hojas	Taninos (variable), saponinas (bajo)

**Cuadro 4.** Efecto de niveles crecientes de harina de vainas de *Enterolobium cyclocarpum* en la ración sobre la producción de CH<sub>4</sub> entérico en borregos Pelibuey.

Parámetro	Nivel de inclusión, g MS día-1				EE
	0	150	300	450	
CH <sub>4</sub> lt an-1 día-1	34.4	27.1	21.8	25.4	1.2
CH <sub>4</sub> lt kg-0.75 día-1	2.67	2.08	1.90	1.90	0.08
CH <sub>4</sub> lt kg-1 MS consumida	34.4	25.8	20.4	20.8	0.9

Ku y otros, 2016

desafíos como el disminuir los costos de producción para hacerla más competitiva, mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y reducir su vulnerabilidad a los embates del cambio climático.

Se conocen diversas tecnologías forrajeras para intensificar la producción, reducir costos y, a la vez, aminorar los impactos del cambio climático en la ganadería. Un primer paso es identificar las áreas con potencial para la intensificación de la producción de forrajes y proceder a la rehabilitación o renovación de pasturas, si las mismas se encuentran degradadas. Si se da la necesidad de incorporar nuevas especies o variedades de pastos, buscar en el mercado aquellas con capacidad de adaptación a las condiciones agroecológicas prevalentes, incluyendo los impactos asociados al cambio climático (aumento de temperatura, reducción del largo del período de lluvias, aumento en intensidad de lluvias y en la variabilidad de eventos climáticos).

Luego se deben diseñar opciones de manejo que incluyen el uso estratégico de los insumos y la implementación de métodos de pastoreo racional. Las opciones silvopastoriles también deben formar parte de las estrategias de intensificación, no solo por sus contribuciones al mejoramiento de la productividad y a la adaptación y mitigación del cambio climático, sino porque además contribuyen a incrementar y a diversificar el ingreso en fincas ganaderas.

## Referencias

- Betancourt, H.; Pezo, D.; Cruz, J.; Beer, J. 2007. Impacto bioeconómico de la degradación de pasturas en fincas de doble propósito en El Chal, Petén, Guatemala. *Revista Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"* 30: 169-175.
- Buddle, B.M. y otros. 2011. Strategies to reduce methane emissions from farmed ruminants grazing on pasture. *The Veterinary Journal* 188:11-17.
- CCAD-SICA. 2010. Estrategia Regional de Cambio Climático. Documento Ejecutivo. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), Sistema de Integración Centroamericana (SICA). San Salvador, El Salvador. 92 p.
- Delgado, C.; Rosegrant, M.W.; Steinfeld, M.H.; Ehui, S.; Courbois C. 1999. Livestock to 2020: The next food revolution. *Food Agriculture and the Environment Discussion*

Paper 28. International Food Policy Research Institute. Washington. DC. 72 p.

FAO. 2013. *Climate-smart Agriculture Sourcebook*. FAO, Rome, Italy. 557 p.

Fisher, M.J.; Braz, S.P.; Dos Santos, R.S.M.; URQUIAGA, S.; Alves, B.J.R.; Boddey, R.M. 2007. Another dimension to grazing systems: Soil carbon. *Tropical Grasslands* 41: 65-83.

García-Cruz, F. Ibrahim, M., Pezo D. 2013. Los árboles en los potreros para la reducción del estrés calórico del ganado en los trópicos. In: D. Sánchez, C. Villanueva, G. Rusch, M. Ibrahim, F. DeClerck (eds.). *Estado del recurso arbóreo en fincas ganaderas y su contribución en la producción en Rivas, Nicaragua*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. P. 36-41.

Haensel, G. 2008. Análisis de la rentabilidad de cambios de uso de la tierra aplicados por participantes del Proyecto Pasturas Degradadas en Guatemala y Nicaragua. Proyecto CATIE/NORUEGA. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 38 p.

Herrero, M.; Gerber, P.; Vellinga, T.; Garnett, T.; Leip, A.; Opio, C.; Westhoek, H.J.; Thornton, P.K.; Oelsen, J.; Hutchings, N.; Montgomery, H.; Soussana, J.F.; Steinfeld, H.; McAllister, T.A. 2011. Livestock and greenhouse gas emissions: The importance of getting the numbers right. *Animal Feed Science and Technology* 166-167: 779-782.

Ibrahim, M.; Franco M.; Pezo D.; Camero, A.; Araya J. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the sub-humid tropics. *Agroforestry Systems* 51: 167-175.

\*El resto de bibliografía consultada, queda al alcance del autor.