

Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical[•]

The intensive silvopastoril systems with *Leucaena leucocephala*: tropical livestock option

Bacab, H. M.;¹ ^{2*} Madera, N. B.;² Solorio, F. J.;¹ Vera, F.³ y Marrufo, D. F.³

¹ Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad Autónoma de Yucatán
Carretera Mérida-Xmatkuil, Km. 15.5
Mérida, Yucatán; México (C. P. 97100).

² Consultoría Innovadora Agropecuaria y Forestal, S.C.
Calle 22 x 29 y 31 No. 122B
Conkal, Yucatán; México (C. P. 97345).

³ Instituto Tecnológico de Conkal
Antigua Carretera Mérida-Motul, Km. 16.3
Conkal, Yucatán; México (C.P. 97345).

*Correspondencia: hbacabperez@yahoo.com.mx

•Estudio de revisión

Resumen

En las regiones tropicales predominan los sistemas de doble propósito, extensivos o semi-extensivos, basados en monocultivo de pasturas; los cuales se caracterizan por su baja productividad e impacto negativo al ambiente. Ante esta problemática, en la última década se han promovido los sistemas silvopastoriles intensivos, mismos que son una modalidad de la agroforestería. Éstos se caracterizan por la presencia de altas densidades de arbustos forrajeros, como la leguminosa *Leucaena leucocephala*, asociado con pastos mejorados. Estudios han demostrado que son una opción importante para mejorar la ganadería debido a su alto rendimiento y calidad de forraje, lo cual permite incrementar la producción de carne y leche. Aunado a lo anterior, estos

Abstract

In tropical regions, double purpose cattle systems based in grass monoculture, either extensive or semi-extensive, dominate above others and are known by their low productivity and negative environmental impact. Facing up this problem, in the last decade, intensive silvopastoril systems, which are a variety of agroforestry, have been promoted. They are composed by foraging shrubs planted at high densities, like *Leucaena leucocephala*, associated with improved grasses. Several studies have demonstrated that these systems are an important option to improve cattle rising due to the high quality of the forage, showing as a result an increment on milk and meat production. In addition to the previous, these systems offer many environmental services as

sistemas brindan múltiples servicios ambientales como la captura de carbono, reducción de la emisión de metano, fijación de nitrógeno atmosférico, entre otros. Sin embargo, existe cierto desconocimiento en su implementación debido a controversias que se han generado por la utilización de altas densidades, especialmente de *L. leucocephala*. Por ello, es necesario generar información con respecto a lo que representa este tipo de sistema para la ganadería tropical, considerándose sus fortalezas, debilidades y oportunidades, con el propósito de lograr una implementación exitosa con una mejora en la rentabilidad y sustentabilidad de los sistemas ganaderos en el trópico.

Palabras clave

Sistemas ganaderos, agroforestería, bancos forrajeros, pastos mejorados.

carbon sequestration, mitigation of methane emissions and fixation of atmospheric nitrogen, among others. Nevertheless, there is a lack of knowledge about their implementation due to the actual controversy on the use of shrubs at high densities, mainly *L. leucocephala*. This is why, it is necessary to generate information in relation to what does this kind of systems mean to tropical livestock, considering its strengths and weaknesses as well as its opportunities, with the purpose to achieve a successful implementation with better profitability and sustainability of the cattle systems at risk.

Keywords

Livestock systems, agroforestry, fodder banks, improved grass.

Introducción

En el trópico, la ganadería bovina es una actividad importante y la más diseminada en el medio rural, principalmente por su contribución en la oferta de productos cárnicos y lácticos para la alimentación humana (Gallardo *et al.*, 2006; Steinfeld *et al.*, 2006). Sin embargo, la región tropical posee fuertes limitantes que impiden incrementar la productividad de los sistemas pecuarios, dentro de los cuales destacan: los serios problemas de alimentación animal (disponibilidad y calidad del forraje), aunado a la presencia de pasturas degradadas o en proceso de degradación (Szott *et al.*, 2000).

Por todo ello, una de las estrategias para la recuperación y mejoramiento de los sistemas ganaderos es el establecimiento de sistemas silvopastoriles (SSP), los cuales constituyen un tipo de agroforestería donde los árboles y/o arbustos interactúan con las forrajeras herbáceas y los animales (Mahecha, 2002; Karki y Goodman, 2010).

En los últimos años, la investigación en SSP ha asumido un papel importante debido a la necesidad de diseñar sistemas altamente productivos y armónicos con el ambiente. Ante dicha necesidad, se desarrollaron los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi); los cuales se caracterizan por la presencia de arbustos forrajeros, como *Leucaena leucocephala*, asociado con pastos mejorados en un sistema de pastoreo rotacional intensivo con cerca eléctrica y oferta de agua de abrevadero (Murgueitio y Solorio, 2008).

Bajo este contexto, el desarrollo de la ganadería con el uso de SSPi es una estrategia que debe promoverse (particularmente en el trópico), debido a las múltiples ventajas que ofrecen, tales como: alta producción de forraje y elevada calidad a lo largo de todo el año, además de los servicios ambientales que brindan. No obstante, existe cierto desconocimiento en su implementación por parte de algunos sectores ganaderos; al

respecto, el proyecto sobre SSPi que encabeza la Fundación Produce Michoacán se caracteriza por implementar estos sistemas en dichos sectores, colaborando en su adopción. No obstante, es necesario generar información relativa a esta modalidad agroforestal para la ganadería tropical y considerar para ello sus fortalezas, debilidades y oportunidades.

Problemática de la ganadería en el trópico

En las regiones tropicales predominan los sistemas tradicionales de producción animal de doble propósito; éstos se caracterizan por ser principalmente de pastoreo extensivo con monocultivo de gramíneas, los cuales producen bajos rendimientos de forraje y son de deficiente calidad, sobre todo en la época de secas. Aunado a ello, dichos sistemas están asociados con problemas de deforestación, degradación del suelo, escasez del agua, alteraciones en el clima y baja productividad (Bellido *et al.*, 2001; Quero *et al.*, 2007).

A lo anterior se añade el hecho de que los sistemas ganaderos en monocultivo son los principales responsables en el cambio del uso del suelo (deforestación), y así contribuyen al 9% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) que producen el efecto invernadero, asociado al cambio climático (Steinfeld *et al.*, 2006). El CO₂ se libera, principalmente, cuando las áreas boscosas son convertidas en pastizales o en tierras cultivables para la producción de alimentos, incluyendo los granos para la elaboración de concentrados (Soussana, 2008).

La mayor limitante para este tipo de sistemas es la marcada estacionalidad en la producción y disponibilidad de las pasturas, además de una deficiente calidad nutricional en la época seca del año, lo cual no permite obtener niveles aceptables de producción de carne y leche, afectándose de igual manera los parámetros reproductivos (Lamela *et al.*, 2005; Steinfeld *et al.*, 2006).

En este sentido, para contribuir a reducir la deficiencia de la producción animal, con frecuencia se recurre a la compra de elevadas cantidades de granos y cereales para la elaboración de raciones; por lo cual, la actividad ganadera resulta altamente dependiente y poco rentable (Sadeghian *et al.*, 1998; Shelton, 2004). Respecto del caso, en México la importación de granos y cereales se ha incrementado, pues principalmente se destina a la alimentación animal (Caballero, 2010).

Esta situación se agrava ante la evidencia, cada vez más fuerte, del agotamiento del petróleo durante los próximos 40 años. Este recurso es uno de los principales elementos empleados para la producción de granos y cereales utilizados en la alimentación animal (Chacón y Marchena, 2008).

Sin embargo, a pesar de los señalamientos que pueden hacerse con respecto a la baja productividad de la ganadería tropical y su impacto negativo sobre los recursos naturales, es posible mejorar su productividad y competitividad mediante el uso de las tecnologías adecuadas. Ante ello, los SSP son una opción importante, ya que permiten optimizar la producción animal.

Los sistemas silvopastoriles como opción para la ganadería tropical

Los SSP están compuestos por gramíneas rastreras o erectas, árboles y arbustos leguminosos o no, y animales que se alimentan de los componentes forrajeros (Santana, 1998; Pezo *et al.*, 2008). Estos sistemas presentan una mayor productividad forrajera, por lo que mejoran la cantidad y calidad de la dieta animal (Yamamoto *et al.*, 2007); lo anterior permite incrementar la producción de carne y leche, así como mejorar la reproducción en forma estable en el tiempo —con reducción de costos— al no requerir insumos como los granos, concentrados y antiparasitarios (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Pezo *et al.*, 1999).

La inclusión de árboles en pasturas constituye una fuente importante de alimento (Musálem, 2002; Dagang y Nair, 2003); al respecto, Anguiano *et al.* (2012) mencionan que la inclusión de altas densidades es provechosa, ya que han encontrado que los mejores resultados en cuanto a la altura y número de hojas se obtienen con 60,000 y 80,000 árboles ha⁻¹ a los 100 días de edad, con 138.28 cm y 24.74, respectivamente.

De igual manera, los SSP brindan múltiples servicios ambientales, al capturar cantidades importantes de dióxido de carbono (CO₂); al respecto, Torres *et al.* (2011) mencionan que un bosque tropical caducifolio en la región de Huatusco, Veracruz, es capaz de capturar hasta 469.79 t ha⁻¹, siguiéndole el SSP con 62.58 t ha⁻¹ y el potrero convencional con 49.94 t ha⁻¹.

El SSP, se caracterizó por tener árboles de huizache (*Acacia pennatula*) y de colorín (*Erythrina americana*), a una distancia de 10 m entre hileras y de 8 m entre plantas. El estrato herbáceo está cubierto en 90% por la mezcla de pasto nandi (*Setaria sphacelata*) y pasto señal (*Brachiaria decumbens*). El sistema convencional consistió en una comunidad vegetal dominada por pasto estrella África (*Cynodon plectostachyus*).

Por su parte, Anguiano *et al.* (2013) señalan que con la siembra de 80,000 plantas de *L. leucocephala* Var. Cunningham ha⁻¹, pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) y cocotero (*Cocos nucifera*), es posible capturar hasta 128.62 t C ha⁻¹ año⁻¹, equivalente a 2.44 veces más, con respecto de aquella donde sólo se asocia el cocotero con la gramínea. Los SSP con *L. leucocephala*, al proveer múltiples beneficios, son una opción importante para mejorar las condiciones del suelo en muchas zonas ganaderas del trópico; ya que tienen un potencial de fijación de nitrógeno atmosférico de 52 y 320 kg ha⁻¹, dependiendo de la variedad, densidad y condiciones ambientales (Lozano *et al.*, 2006; Yamamoto *et al.*, 2007).

Debido a la importancia de estos sistemas, se ha impulsado el diseño de nuevas modalidades para su aplicación en la ganadería tropical. Ante ello, se desarrollaron los SSPi con *L. leucocephala*, el cual permite incrementar de manera considerable la productividad y la carga animal, así como la generación de servicios ambientales que resultan de la presencia de altas densidades en esta leguminosa (Murgueitio y Solorio, 2008).

Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*

Los SSPi son una modalidad de los sistemas agroforestales que se caracterizan por la presencia de altas densidades (mayor a 10,000 plantas ha⁻¹) de arbustos forrajeros como

L. leucocephala, asociados a pastos mejorados de alta producción de biomasa bajo modelos de pastoreo rotacional intensivo con cerca eléctrica y oferta de agua de abrevadero.

Se pueden asociar, o no, con árboles maderables, frutales y leguminosas rastreras; *L. leucocephala* por su calidad nutricional, fijación de nitrógeno (N) atmosférico, crecimiento, tolerancia a la sequía y adaptación al ramoneo, ya que resulta una de las especies utilizada con mayor éxito (Shelton, 1996; Murgueitio y Solorio, 2008).

La utilización del cercado eléctrico (principalmente de la variante móvil) en estos sistemas permite el mayor aprovechamiento de las especies disponibles, pastoreo y distribución de heces y orina más uniforme, desarrollo de rebrotes más densos con mayor proporción de hojas y menor contenido de fibra (Cruz, 1996; Senra *et al.*, 2005).

El modelo rotacional intensivo permite pastorear un área determinada en un periodo de tiempo relativamente corto, antes que los animales sean cambiados a una nueva área; involucra el uso de periodos cortos de pastoreo intensivo con periodos largos de descanso donde el sistema se recupera (SAGARPA, 2007).

Con relación a las altas densidades de árboles, éstos permiten obtener múltiples beneficios; tales como: el ahorro de fertilizantes nitrogenados, mayor duración de las pasturas, mejor retención hídrica en el suelo, disminución del efecto desecante de los vientos y reducción del estrés calórico en los animales. Además, se alcanzan altos rendimientos de biomasa que permiten mayor carga animal y un incremento en la ingesta de proteína que mejora la producción y calidad de leche y carne. De igual manera, con estos sistemas se captura una mayor cantidad de carbono (C), se reduce la emisión de CH₄ y se incrementa la biodiversidad (Murgueitio *et al.*, 2011).

En el cuadro siguiente se presenta la comparación de tres sistemas de producción con cinco años de establecido; donde se encuentra en el SSPi una alta producción de forraje, carne y leche en comparación con el sistema de baja densidad y con pastos sin árboles (Murgueitio y Solorio, 2008).

Cuadro 1
Comparación de las principales características de un sistema de producción ganadera con pastos mejorados y asociado con *Leucaena leucocephala* a baja y alta densidad.

<i>Indicador</i>	<i>Pastos mejorados sin árboles, con riego, sin fertilización y suplementación</i>	<i>Pastos y L. leucocephala con baja densidad (4,000 plantas ha⁻¹), con riego, sin fertilización y suplementación</i>	<i>SSPi con L. leucocephala (10,000 plantas ha⁻¹), con riego, sin fertilización y suplementación</i>
Forraje verde (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	55	90	185
Carga animal, unidades ganado grande (UGG)	1.3	2.5	5.0
Carga animal (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	526.5	1,125	2,250
Producción de carne (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	180	680	1,900
Producción de leche (L ha ⁻¹ año ⁻¹)	1,000	3,650	10,950

Fuente: Murgueitio y Solorio (2008).

Producción y calidad de forraje

En el cuadro 2 se evidencian las ventajas en la producción de biomasa y composición química del forraje, con la implementación de los SSPi basado en *L. leucocephala* y *C. plectostachyus*, comparado con el monocultivo del mismo pasto fertilizado con N en el Valle del Cauca, Colombia (Molina y Uribe, 2002).

Cuadro 2
Oferta y calidad de forraje en un sistema silvopastoril intensivo comparado con monocultivo de pasto fertilizado con nitrógeno en el Valle del Cauca, Colombia.

<i>Indicador</i>	<i>Monocultivo C. plectostachyus + 184 kg N ha⁻¹ año⁻¹</i>	<i>SSPi L. leucocephala (10,000 plantas ha⁻¹) + Cynodon + 0 kg N ha⁻¹ año⁻¹</i>
Biomasa (t MS ha ⁻¹ año ⁻¹)	23.2	29.5
Proteína cruda (t MS ha ⁻¹ año ⁻¹)	2.5	4.1
Energía metabolizable (Mcal ha ⁻¹ año ⁻¹)	56,876	70,222
Calcio (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	83.2	142.3
Fósforo (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	74.0	88.8

Fuente: Molina y Uribe (2002).

En el caso de México, se realizó un estudio en el trópico seco de Michoacán, en tres ranchos de producción ganadera de doble propósito —dos con *Panicum maximum* cv. Tanzania, asociado con *L. leucocephala* cv. Cunningham (densidad de 34,500 y 53,000 plantas ha⁻¹) y uno con sistema tradicional de *C. plectostachyus* en monocultivo—, donde encontraron una mayor oferta de forraje comestible en la asociación, con un promedio de 2,470 y 2,693 kg MS ha⁻¹ pastoreo⁻¹ en la época de seca (marzo-mayo).

El periodo de ocupación y descanso es de 3 y 45 días, respectivamente, realizándose dos pastoreos en época seca. En el sistema tradicional, la oferta fue de 948 kg MS ha⁻¹ pastoreo⁻¹. En ambos sistemas se aplicó riego por gravedad cada 15 días, sin fertilización para el sistema asociado y aplicando abono orgánico con base en bovinaza para el monocultivo (Bacab y Solorio, 2011).

Un aspecto a resaltar en el estudio anterior es que en la época de secas *L. leucocephala* aporta una considerable oferta de forraje; ante ello, la incorporación de esta leguminosa constituye una fuente importante de alimentación animal, sobre todo en la época con menor disponibilidad de pastos (Shelton, 1996).

Producción animal

A lo largo de los últimos años, los SSPi en México, Colombia y Costa Rica han evidenciado una capacidad de producción ganadera superior a los sistemas tradicionales extensivos, pero similares a los modelos intensivos que emplean altas cantidades de fertilizantes, concentrados, medicamentos y agroquímicos. En el cuadro 3 se evidencian las ventajas de estos sistemas, comparadas con sistemas ganaderos tradicionales; con el establecimiento de SSPi se han alcanzado producciones de leche mayores a los 10,000 L

ha⁻¹ año⁻¹ con ganancias diarias de peso en bovinos de 790.20 g animal⁻¹ día⁻¹ (Murgueitio *et al.*, 2011).

En Australia, se ha utilizado la leguminosa *L. leucocephala* asociada a pasturas de *Cenchrus ciliaris*, los cuales han resultado altamente productivos y rentables. Con esta asociación se alcanzó una ganancia diaria de peso de 250-280 kg animal⁻¹ año⁻¹, equivalente a 165-185 kg hectárea⁻¹ año⁻¹, comparado con la pastura en monocultivo; con la cual se obtuvo una ganancia diaria de peso de 80-100 kg animal⁻¹ año⁻¹, equivalente a 8-10 kg hectárea⁻¹ año⁻¹ (Shelton, 2004).

En Colombia, con la asociación de *C. plectostachyus*, *L. leucocephala* y *Prosopis juliflora*, con suplementación de 1.65 kg de salvado de arroz y 1.20 kg de gallinaza animal⁻¹ día⁻¹, es posible obtener producciones de leche de 10.30 kg vaca⁻¹ día⁻¹, lográndose mayor estabilidad entre períodos secos y lluviosos (Mahecha *et al.*, 2002).

Cuadro 3
Carga animal y producción de leche en dos sistemas de pastoreo:
tradicional vs. silvopastoril intensivo.

Característica	Sistema tradicional sin árboles		Silvopastoril intensivo
	Pastura degradada	Pastura mejorada con fertilización química (mayor a 250 kg N ha ⁻¹ año ⁻¹)	Banco forrajero mixto, cerca viva, fertilización orgánica
Lugar	Trópico húmedo (Amazonia, Colombia). Altitud de 500 msnm y Precipitación de 3,000 mm	Trópico húmedo (Costa Rica). Altitud de 600 msnm y precipitación de 2,600 mm	Laderas Andes (Colombia). Altitud de 2,625 msnm y precipitación de 1,625 mm
Carga animal (450 kg animal ha ⁻¹)	0.6	5.0	4.6
Producción de leche (L ha ⁻¹ año ⁻¹)	400	10,800	5,320
			Trópico seco (México y Colombia). Altitud de 600 msnm y precipitación de 1,000 mm
			Mayor a 10,000

Fuente: Shelton (2004).

Servicios ambientales

En el cuadro 4 se presentan los múltiples servicios ambientales que brindan los SSPi, como una mejora en las condiciones microclimáticas comparada con los sistemas tradicionales de pasturas sin árboles. Otros servicios importantes son la captura de C, fijación de N atmosférico, reducción en la emisión de NH_4 , entre otros (Solorio *et al.*, 2011).

Cuadro 4
Indicadores ambientales en un sistema tradicional y silvopastoril intensivo.

Indicador	Sistema tradicional (<i>C. plectostachyus</i> en monocultivo)	Sistema silvopastoril intensivo (<i>L. leucocephala</i> / <i>P. maximum</i>)
Temperatura (°C)	36	32
Materia orgánica (kg ha ⁻¹)	320	1,000
Fijación de N atmosférico (kg ha ⁻¹ año ⁻¹)	0	400
Captura de C (t ha ⁻¹ año ⁻¹)	120	220
Emisión de CH ₄ (kg animal ⁻¹ año ⁻¹)	85	68

Fuente: Solorio *et al.* (2011).

En Colombia, los SSPi con más de 10,000 arbustos de *L. leucocephala* permiten fijar hasta 400 kg N ha⁻¹ año⁻¹. Adicional a esto, el manejo agroforestal (como la poda), aporta entre cinco y seis t ha⁻¹ año⁻¹ de residuos, convirtiéndose finalmente, en materia orgánica (MO) para el suelo. La fijación de N, los aportes de MO y la producción de excretas del ganado, hacen que el sistema sea eficiente en el aprovechamiento y reciclaje de los propios recursos, lo cual le permite ser independiente en la utilización de insumos y productos agrícolas para la fertilización (Murgueitio *et al.*, 2007).

De igual manera, con la implementación de estos sistemas, se ha alcanzado la cifra de 1.50 t C ha⁻¹ año⁻¹ capturado. A su vez, se calculan reducciones del 21% en las emisiones de CH₄ y del 36% en la de óxido nitroso por la mejora en la nutrición del ganado y una reducción en el uso de fertilizantes (Chará *et al.*, 2009).

Se ha demostrado que estos sistemas juegan un rol fundamental en la supervivencia de especies silvestres, además de proveer sombra para los animales en pastoreo. La disponibilidad de alimento para las aves silvestres es alta en estos sistemas, y la compleja estructura de la vegetación provee un sustrato de anidamiento más adecuado y mejor protección contra depredadores (Pagiola *et al.*, 2004).

Los nuevos retos en sistemas silvopastoriles intensivos

A pesar de que existe evidencia sobre los beneficios que tienen los sistemas agroforestales, y en especial los SSPi para la ganadería en el trópico, uno de los problemas para su adopción es la limitada comunicación entre investigadores y productores; adicionalmente, estos últimos no consideran o desconocen los beneficios que se obtienen con estos sistemas (Beer *et al.*, 2003; Murgueitio e Ibrahim, 2008).

Respecto a lo anterior, se debe de considerar el trabajo que la Fundación Produce Michoacán y otras instituciones como la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) y el Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV), las cuales se vienen realizando en México y Colombia con el propósito de que adopten los productores estos sistemas; aproximadamente, en un periodo de cuatro años han logrado incrementar el área de tecnología SSPi.

En México, el establecimiento de los SSPi se ha iniciado con 500 ha para 50 productores en el estado de Michoacán, de donde ha partido y se han implementado 200 ha por entidad en Veracruz, Yucatán, Chiapas y Oaxaca; 300 ha en Campeche, Guerrero y Jalisco, así como 500 ha en Tamaulipas y San Luis Potosí; contemplándose establecer otras 500 ha para el estado de Michoacán.

Sin embargo, para la implementación exitosa de los SSPi existen otros factores que se deben de considerar, como son: el riesgo, incertidumbre en los mercados y la pobre genética de los animales. Ha sido demostrado que los productores no cambian rápidamente de un sistema tradicional familiar, más seguro y experimentado, a una nueva tecnología que pueda estar asociada con riesgos más altos que los métodos tradicionales (Ibrahim *et al.*, 2007).

En este sentido, la aplicación de los SSPi deberá también centrarse en los pequeños productores ganaderos, ya que son los más vulnerables y requieren mayor atención. La orientación de la investigación en esta modalidad deberá centrar los esfuerzos en incluir la biodiversidad y los servicios ambientales. Adicionalmente, se tendrá que pensar en adaptar la ganadería a los nuevos retos que enfrenta esta actividad, la cual debe estar basada en sistemas que permitan aprovechar al máximo los recursos locales, de acuerdo a las condiciones locales de cada región (Murgueitio, 2009).

Se tendrán que fortalecer las capacidades técnicas y científicas, principalmente en la formación de jóvenes científicos involucrados en el aprovechamiento racional de recursos locales. Para lograr esto se requieren transformaciones entre los tomadores de decisiones políticas, económicas, ambientales y agropecuarias, así como reorientar las políticas educativas en todos sus niveles, para así realizar una difusión y multiplicación exitosa de los SSPi.

Otro factor importante que debe mencionarse, es que *L. leucocephala* ha sido factor fundamental en la generación de estos sistemas, la cual también ha sido tema de controversias. Esta leguminosa posee metabolitos secundarios como la mimosina, misma que ha sido relacionada con problemas de toxicidad. Sin embargo, en animales adaptados y acostumbrados a consumir esta planta, como ocurre en varias regiones de México,

Colombia y Cuba, no presentan síntomas adversos. Lo anterior se debe a la presencia de microorganismos ruminales que pueden degradar la mimosina en compuestos útiles para el animal (Dalezell *et al.*, 2006).

Aunado a lo anterior, un estudio realizado sobre la conducta de los animales en sistemas de pastoreo con libre acceso a *L. leucocephala*, indica que éstos le dedicaban sólo el 17% del tiempo al ramoneo, lo cual significa que los animales regulan el consumo de esta leguminosa y evitan así la posibilidad de intoxicación (Lamela *et al.*, 2005).

Por otra parte, cabe mencionar que la asociación de altas densidades de *L. leucocephala* puede tener influencia en la proporción de luz, afectando la producción de biomasa de la misma leguminosa y del pasto asociado; sin embargo, se ha demostrado que *L. leucocephala* es capaz de tener adaptación a los rayos solares con respecto al tiempo y fotomodulación de su follaje (Anguiano *et al.*, 2012).

Respecto al pasto, es recomendable establecer uno que presente tolerancia hacia ciertas condiciones de sombreado, dentro del cual destacan especies de los géneros *Panicum* y *Brachiaria*, así como el pasto Cuba CT-115 (*P. purpureum*). No obstante, es necesario considerar diversas prácticas agronómicas como la poda, usada como una estrategia para incrementar la producción de biomasa en la leguminosa y la gramínea (Bacab *et al.*, 2012).

En virtud de lo mencionado, se deben romper los paradigmas con respecto a los SSPi en cuanto a lo siguiente:

1. Altas densidades de *L. leucocephala* (mayor a 10,000 plantas ha⁻¹) en estos sistemas, no tienen problema de competencia si se siguen buenas prácticas de manejo como la poda.
2. Se puede hacer más eficiente el uso del nitrógeno en los SSPi, manejando la proporción de la leguminosa/pasto en el potrero.
3. La intoxicación por mimosina es escasa, ya que los animales son capaces de regular el consumo de *L. leucocephala*, evitando la posibilidad de intoxicación.
4. Los pastos en los SSPi no disminuyen su producción bajo la sombra que generan los árboles, siempre que exista un manejo balanceado entre carga animal y densidad de árboles.
5. Es posible asociar gran cantidad y variedad de árboles en los potreros para el ganado sin afectar la producción de biomasa de las especies asociadas, incrementando la producción de carne y leche.

Conclusiones

Los SSPi constituyen una opción importante para los sistemas ganaderos en el trópico, debido a los múltiples beneficios que brindan, tales como la alta oferta y calidad de forraje para la alimentación animal; además, con dichos sistemas se obtiene mayor producción de carne y leche en comparación con los sistemas tradicionales de producción en monocultivo.

De igual manera, la implementación de los SSPi permiten obtener numerosos beneficios ambientales tales como captura de CO₂, fijación de N atmosférico, reducción de la emisión de CH₄ y NH₄, incremento de la materia orgánica en el suelo y mejora en las condiciones microclimáticas.

Literatura citada

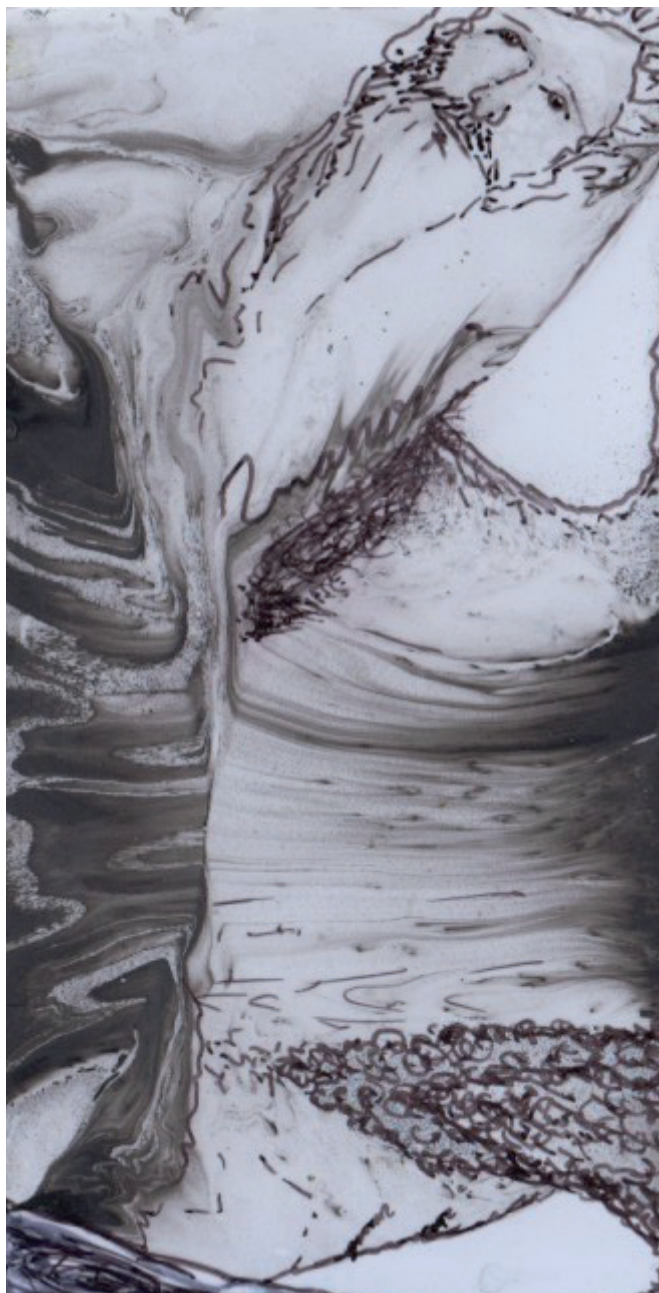
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46: 103-107.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Avances en Investigación Agropecuaria* 17: 149-160.
- Bacab, H. M. y Solorio, F. J. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 271-278.
- Bacab, H. M.; Solorio, F. J. y Solorio, S. B. (2012). Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria* 16: 65-77.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J. M.; Somarraba, E. y Jiménez, F. (2003). Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10: 80-87.
- Bellido, M. M.; Escribano, S. M.; Mesías, D. F.; Rodríguez de Ledesma, V. A. y Pulido, G. F. (2001). Sistemas extensivos de producción animal. *Archivo Zootécnico* 50: 465-489.
- Caballero, M. (2010). *Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de la infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. 256 pp.
- Chacón, E. y Marchena, H. (2008). Tecnologías alimentarias apropiadas para la producción con bovinos a pastoreo. En: González, S. C.; Madrid, B. C.; Soto, B. E. (Eds.). *Desarrollo sostenible en la ganadería de doble propósito*. Fundación Girarz. Ediciones Astro Data. Venezuela. pp. 435-453.
- Chará, J.; Solarte, A.; Giraldo, C.; Zuluaga, A.; Murgueitio, E.; Walschburger, T. y León, J. (2009). *Evaluación ambiental del proyecto de ganadería colombiana sostenible*. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria-CIPAV. Colombia. 78 pp.
- Cruz, C. (1996). *Introducción al pastoreo de alta densidad. Curso de producción de bovinos de doble propósito*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 33 pp.
- Dagang, B. K. y Nair, K. R. (2003). Silvopastoral research and adoption in Central America: recent findings and recommendations for future directions. *Agroforestry Systems* 59: 149-155.
- Dalzell, S.; Shelton, M.; Mullen, B.; Larsen, P. y McLaughlin, K. (2006). *Leucaena: A guide to establishment and management*. Chapter 4: Grazing management; Leucaena toxicity and the leucaena bug. Meat and Livestock. Australia Limited. Australia. 70 pp.
- Gallardo, J. L.; Luna, M. E. y Albarrán, D. M. (2006). *Situación actual y perspectivas de la producción de carne de bovino en México*. Coordinación General de Ganadería. SAGARPA. México. 45 pp.
- Ibrahim, M.; Villanueva, C. P. y Casasola, F. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica de paisajes ganaderos en Centro América. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 15: 73-87.
- Karki, U. y Goodman, M. S. (2010). Cattle distribution and behavior in southern-pine silvopasture versus open-pasture. *Agroforestry Systems* 78: 159-168.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica*. Serie de textos básicos para la formación ambiental No. 3. Editorial PNUMA. México. 340 pp.
- Lamela, L.; Castillo, E.; Iglesias, J. y Pérez, A. (2005). Principales avances de la introducción de los sistemas silvopastoriles en las condiciones de producción en Cuba. *Pastos y Forrajes* 28: 47-58.
- Lozano, M. D.; Amparo, C. G.; Vanegas, M. A.; Figueroa, L.; Ramírez, G. M.; Carrero, H. G.; Constanza, V. N. y Aguirre, M. C. (2006). *Sistemas silvopastoriles con uso de biofertilizantes: opción tecnológica para el Valle Cálido del Alto Magdalena*. CORPOICA. Colombia. 32 pp.
- Mahecha, L. (2002). El silvopastoreo: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15: 226-231.

- Mahecha, L.; Rosales, M.; Duran, C. V.; Molina, C. H.; Molina, E. J. y Uribe, F. (2002). *Evaluación del forraje y los animales a través del año en un silvopastoril conformado por Cynodon plectostachyus, Leucaena leucocephala y Prosopis juliflora, en el Valle del Cauca, Colombia*. CIPAV. Colombia. URL: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/SeminInd.htm>. (Consultada el 10 de febrero de 2011).
- Molina, C. H. y Uribe, F. (2002). Experiencias en producción limpia de ganaderías en pastoreo. En: *Memorias del III Seminario Internacional Competitividad en Carne y Leche*. Cooperativa Lechera de Antioquia. Medellín, Colombia. pp. 333-354.
- Murgueitio, E. (2009). Incentivos para los sistemas silvopastoriles en América Latina. *Avances en Investigación Agropecuaria* 13: 3-20.
- Murgueitio, E. e Ibrahim, M. (2008). Ganadería y medio ambiente en América Latina. En: Murgueitio, E.; Cuartas, C. y Naranjo J. (editores). *Ganadería del Futuro: Investigación para el desarrollo*. Fundación CIPAV. Cali, Colombia. pp. 19-40.
- Murgueitio, E. y Solorio, B. (2008). El Sistema Silvopastoril Intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. En: *V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*. Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia. Venezuela (Publicación electrónica).
- Murgueitio, E.; Calle, Z.; Uribe, F.; Calle, A. y Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management* 261: 1654-1663.
- Murgueitio, R. E.; Hernández, M. C.; Riascos, V. M.; Cuartas, C.; Uribe, T. F. y Lopera, J. J. (2007). *Montaje de modelos ganaderos sostenibles basados en sistemas silvopastoriles en seis subregiones lecheras de Colombia*. Fundación CIPAV. Colombia.
- Musálem, M. A. (2002). Sistemas agrosilvopastoriles: una alternativa de desarrollo rural sustentable para el trópico mexicano. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 8: 91-100.
- Pagiola, S.; Agostini, P.; Gobbi, J.; de Haan, C.; Ibrahim, M.; Murgueitio, E.; Ramírez, E.; Rosales, M. y Ruiz, J. P. (2004). *Pago por servicios de conservación de la biodiversidad en paisajes agropecuarios*. The World Bank Environment Department. United States of America. 40 pp.
- Pezo, D. A.; Ibrahim, M.; Beer, J. y Camero, L. A. (1999). *Oportunidades para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en América Central*. Serie Técnica, Informe Técnico No. 311. CATIE. Costa Rica. 46 pp.
- Pezo, D.; Ibrahim, M. y Casasola, F. (2008). El pago por servicios ambientales: acelerador del cambio tecnológico en sistemas ganaderos basados en pasturas. En: Tejos, R. (Ed.). *XII Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal*. Mérida, Yucatán, México. pp. 1-11.
- Quero, A. R.; Enríquez, J. F. y Miranda, J. L. (2007). Evaluación de especies forrajeras en América Tropical, avances o *status quo*. *Interciencia* 32: 566-571.
- Sadeghian, S.; Rivera, J. M. y Gómez, M. E. (1998). Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en Los Andes de Colombia. *Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica*. FAO. Italia. pp. 77-95.
- SAGARPA. (2007). *Pastoreo rotacional intensivo*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. 8 pp.
- Santana, M. (1998). Los sistemas agroforestales y su clasificación. En: Santana M. y Valencia, J. (Eds.). *Seminario producción ganadera sostenible, silvopastoreo*. CORPOICA. Cauca. pp. 1-55.
- Senra, A.; Martínez, R. O.; Jordán, H.; Ruiz, T.; Reyes, J. J.; Guevara, R. V. y Ray, J. V. (2005). Principios básicos del pastoreo rotacional eficiente y sostenible para el subtrópico americano. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 39: 23-30.
- Shelton, H. M. (1996). El género *Leucaena* y su potencial para los trópicos. En: *Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical*. En: Clavero, T. (Ed.). Fundación Polar, Universidad del Zulia, Centro de transferencia de tecnología en pastos y forrajes. Venezuela. pp. 17-28.
- Shelton, H. M. (2004). Importance of tree resources for dry seasons feeding and the impact on productivity of livestock farms. En: Mannelje *et al.* (Eds.). *The importance of silvopastoral system in rural livelihoods to provide ecosystem services. Proceedings of the Second International Symposium on Silvopastoral Systems*. Mérida, Yucatán, México. 346 pp.

- Solorio, F. J.; Bacab, H. M. y Ramírez, A. L. (2011). Los sistemas silvopastoriles intensivos: avances de investigación en el valle de Tepalcatepec, Michoacán. En: *Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. México. pp. 17-31.
- Soussana, J. F. (2008). The role of the carbon cycle for the greenhouse gas balance of grasslands and of livestock production systems. En: Rowlinson, P.; Steele, M. y Nefzaoui, A. (Eds.). *Proceedings International Conference Livestock and Global Climate Change*. British Society of Animal Science. Hammamet, Tunisia. pp. 12-15.
- Steinfeld, H.; Gerber, P.; Wassenaar, T.; Castel, V.; Rosales, M. y de Haan, C. (2006). *Livestock's long Shadow. Environmental issues and options*. LEAD-FAO. Italia. 377 pp.
- Szott, L.; Ibrahim, M. y Beer, J. (2000). *The hamburger connection hangover: cattle, pasture, land degradation and alternative land use in Central America*. CATIE. Costa Rica. 71 pp.
- Torres, J. A.; Espinoza, W.; Reddiar, L. y Vázquez, A. (2011). Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 543-549.
- Yamamoto, W.; Dewi, I. A. e Ibrahim, M. (2007). Effects of silvopastoral areas on milk production at dual-purpose cattle farms at the semi-humid old agricultural frontier in central Nicaragua. *Agricultural Systems* 94: 368-375.

Recibido: Diciembre 04, 2012

Aceptado: Julio 22, 2013



Título: *Cascada de sabiduría*

Autor: Adoración Palma (2manoS)

Técnica: Mixta (scratch con guardas y plumón indeleble)

Medidas: 8x16cm

Año: 2013