

Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente[®]

Contribution of silvopastoral systems to production and environment

Milera, M.

Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey”
Matanzas, Cuba.

Correspondencia: milagros.milera@indio.atenas.inf.cu

☐Artículo invitado

Resumen

El objetivo de este artículo es analizar las ventajas de los sistemas silvopastoriles en la alimentación animal debido a sus potencialidades, el alto valor nutritivo, así como los resultados alcanzados en la contribución a la adaptación y mitigación del cambio climático. En este sentido, se alude al comportamiento de importantes indicadores, como el cuidado del suelo y la acción de la biota edáfica, el manejo de los recursos fitogenéticos con diversidad y funcionalidad, el manejo integrado de las plagas y enfermedades, y la gestión eficiente del agua, la captación de carbono, el efecto del follaje de diferentes especies sobre las bacterias metanogénicas en rumiantes, la importancia de la composición de la leche y de sus derivados; además, se analizan la combinación, producción de alimentos-energía, como contribución a la adaptación y mitigación. En fincas que integran agricultura y ganadería, el desarrollo de sistemas que incluyan los árboles en el pastoreo —ya sea forrajeras o para la producción de energía (plantas leñosas forrajeras y productoras de biocombustibles, por su importancia en el subsistema energético dentro de la cadena de suministro)— significan un reto para la autosuficiencia alimentaria, para regular la energía solar incidente sobre la superficie del suelo, con un efecto protector

Abstract

The objective of this paper is to analyze the advantages of silvopastoral systems in animal feeding due to their potential, their high nutritional value, as well as because of the results obtained in the contribution to the adaptation and mitigation of the climate change. In this sense, the performance of the following important indicators is mentioned: soil care and action of the edaphic biota, management of plant genetic resources with diversity and functionality, pest and disease integrated management and efficient water management, carbon sequestration, effect of the foliage of different species on the methanogenic bacteria in ruminants, the importance of milk composition and its derivatives; in addition, the combination food-energy production, as contribution to the adaptation and mitigation, is analyzed. In farms that integrate agriculture and livestock production, the development of systems including trees in grazing, either for forage or for energy production (forage ligneous plants and biofuel producing plants, due to their importance in the energy subsystem within the supply chain) means a challenge for food self-sufficiency, to regulate the solar energy that has incidence on the soil surface, with a protective effect on the system's temperature, in areas

sobre la temperatura del sistema, en áreas que antes sólo se dedicaban a la producción de leche y carne o a los cultivos agrícolas. Con estas prácticas, la inversión en importaciones es menor, permitiéndole mayor eficiencia técnico-productiva, económica, social y ambiental a los escenarios productivos.

Palabras clave

Sistemas silvopastoriles, medioambiente.

which were previously dedicated only to milk and meat production or to agricultural crops. With these practices, the investment in imports is lower, allowing higher technical productive, economic, social and environmental efficiency to the productive scenarios.

Keywords

Silvopastoral systems, environment.

Introducción

Anivel global han ocurrido cambios provocados por el crecimiento de la población mundial, el incremento de los niveles de consumo y los cambios tecnológicos, sociopolíticos y económicos. Todo esto ha traído alarmantes consecuencias; entre las más importantes están: el calentamiento global, la contaminación ambiental, el desgaste de los recursos naturales (suelo y agua) y el declive del petróleo (Preston, 2007).

La temperatura del planeta ha aumentado debido a la contaminación atmosférica global por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), resultado de la quema de combustibles fósiles, los incendios forestales y ciertas prácticas agrícolas. La agricultura y la ganadería poseen una alta contribución, con el consecuente calentamiento global; esto, debido a los métodos empleados para incrementar la producción de alimentos a partir de técnicas de producción poco eficientes; como consecuencia, se agudiza la sequía y los eventos meteorológicos que ponen a este sector en alto riesgo frente al cambio climático (Álvarez y Mercader, 2007).

El consumo en los últimos 50 años se incrementó en un 28%, por lo que la actividad humana es cada vez más insostenible (Alonso, 2010). Otro aspecto de gran importancia es el declive del petróleo, que además de aumentar los precios, ha provocado que se obtenga etanol y biodiesel de plantas y granos que compiten con la alimentación humana (Suárez y Martín, 2010).

Del total de 63,837 especies estudiadas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), 3,947 están clasificadas en situación crítica. Están amenazadas: 41% de las especies de anfibios, 33% de los arrecifes de coral, 25% de los mamíferos, 20% de las plantas y 13% de las aves (Anon, 2012).

Estas afectaciones requieren de un conjunto de medidas que contribuyan a mejorar las técnicas agrícolas con el uso de especies vegetales adaptadas para la producción de alimentos que permitan contribuir a la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático. El futuro es hoy; para la búsqueda de soluciones, los tiempos de reacción de la naturaleza no son rápidos al compararlos con los períodos humanos; existen soluciones pero hay que adquirir conciencia para implementarlas.

En este artículo se abordará el tema relacionado con los resultados alcanzados en sistemas de producción que incluyen sistemas de gramíneas y arbóreas para la alimentación del ganado en condiciones tropicales.

El enfoque sistémico sobre bases agroecológicas y el empleo de fito-recursos forrajeros a partir de plantas perennes, seleccionadas para cada condición edafoclimática, que posean alta eficiencia en captación de energía solar, adaptadas, multifuncionales y con altos rendimientos sobre la base de mínimos recursos e insumos importados, deben ser el enfoque actual para la aplicación de sistemas resilientes al cambio climático. Por otra parte, los árboles maderables, frutales y productores de biocombustibles son una opción en la agricultura por las salidas productivas y por ser los principales sumideros captadores de CO₂.

Los sistemas silvopastoriles (SSP) en el ecosistema ganadero

Para contribuir a la adaptación y la mitigación del cambio climático en la ganadería tropical, es necesario considerar un conjunto de factores que han contribuido a la vulnerabilidad de los sistemas de producción a partir de los pastos y forrajes, como son:

- El manejo inadecuado del pastoreo que favorece la eliminación de la cobertura vegetal y la presencia de áreas descubiertas, debido a altas cargas, el sobrepastoreo, la utilización de especies mejoradas importadas que no son adecuadas para las condiciones edafoclimáticas.
- Pastos y forrajes con edad avanzada o baja calidad (a menor contenido de PB, menor digestibilidad, mayor producción de metano).
- Emplear especies de pastos y forrajes en monocultivo.
- Emplear especies de pastos y forrajes con baja capacidad de captación de CO₂.
- Desfavorable relación C/N en las dietas (a mayor C/N menos emisiones de CH₄ en las excretas).
- Poco empleo de árboles en los potreros, en las cercas y en el entorno.
- Utilización de gramíneas para corte y acarreo con baja digestibilidad, sin considerar las arbóreas.
- Deficiente balance alimentario que no consideran el mes y la evolución del ganado en desarrollo; sobre todo, en los períodos de bajas precipitaciones, que traen consigo bajas conversiones.
- Animales improproductivos o que alcanzan la edad de matanza o la de incorporación a la reproducción tardíamente; por consiguiente, mayor contaminación.
- No ofrecer las cantidades necesarias de agua de beber.
- Estas limitantes han provocado mayor lixiviación, pérdida de la biodiversidad y la erosión.

El empleo de especies adaptadas que respondan bien a la energía solar, garanticen altos rendimientos de biomasa, sean eficientes en la captación de CO₂ y dispongan de un mínimo de condiciones que garanticen un manejo adecuado del pastoreo y de las áreas para corte y acarreo, pueden contribuir a resolver parte de los problemas antes mencionados y con similar intensificación que los sistemas convencionales, pero con otro concepto en la diversidad.

La intensificación sostenible se ha definido como el incremento de la producción a partir de la misma área de tierra, al tiempo que se reducen los efectos negativos para el medio ambiente, se aumenta la contribución al capital natural y el flujo de servicios ambientales que constituyen un objetivo estratégico medioambiental. Para alcanzar dicho objetivo, la FAO recomienda el empleo de agua, las semillas y el fertilizante para complementar los procesos naturales que respaldan el crecimiento de las plantas.

Para el crecimiento de las plantas es necesario considerar cuatro factores importantes: el cuidado del suelo y la acción de la biota que permite a las plantas acceder a los nutrientes, el manejo de los recursos fitogenéticos con diversidad y funcionalidad, así como el empleo de especies de alto rendimiento y adaptadas a cada sitio, el manejo integrado de las plagas y enfermedades y la gestión eficiente del agua.

En investigaciones relacionadas con la biología del suelo, específicamente la macrofauna edáfica, al comparar los sistemas silvopastoriles con las gramíneas en monocultivo, la mayor riqueza de organismos se encuentra en los SSP (con predominio de los oligoquetos, las lombrices de tierra), además de mayores índices de diversidad y uniformidad de éstos; lo que indica que la presencia de los árboles en el pastizal de gramínea permite potenciar la actividad biológica del suelo y garantizar la estabilidad del sistema (Sánchez, 2007).

Con relación al manejo de los recursos fitogenéticos en Colombia, Tafur-Arango *et al.* (2010) propusieron alternativas silvopastoriles que pueden contribuir significativamente a la diversidad, la alimentación, la adaptación y mitigación del cambio climático, éstas son: Sistema silvopastoril (SSP), Sistema silvopastoril intensivo (SSPi), Banco Mixto de Forraje (BMF), Franjas Silvopastoriles (FS), Manejo de la sucesión Vegetal (MSV), Cercas Vivas (CV), Corredor ribereño (CR).

Las especies propuestas por estos autores fueron: árboles de la familia de las leguminosas, maderables y frutales, como *Inga* sp., *Erythrina fusca*, *Acacia mangium*, *Pithecellobium longifolium*, *Bauhinia* sp., *Albizia guachapele*, *Clitoria fairchildiana*, *Cassia* sp., *Gmelina arborea*, *Tectona grandis*, *Cariniana pyriformis*. Asimismo, arbustos como: *Tithonia diversifolia*, *Cratylia argentea* y *Clitoria fairchildiana*.

En el caso del Banco Mixto de Forraje (BMF), propusieron el empleo de arbustos de alto valor proteico: *Tithonia diversifolia*, *Cratylia argentea* y *Clitoria fairchildiana*; otras forrajeras nativas, constituidas por gramíneas que aporten energía a la dieta de los animales, como: *Panicum maximum*, *Axonopus scoparius*, *Saccharum officinarum*, dispuestos en franjas por especie; este sistema es de aceptación para el pequeño y mediano productor, que tiene la cultura del corte y acarreo y de aquellos que requieran liberar áreas de pastoreo degradadas, cuya posibilidad económica no permite una intervención inmediata.

En Cuba, a partir de un programa de introducción, caracterización, evaluación y utilización, se hicieron estudios con una amplia gama de cultivares que incluyeron plantas arbóreas de la familia de las leguminosas y otras, evaluadas en diferentes condiciones edafoclimáticas (Machado y Seguí, 1997).

Entre las leguminosas arbustivas recomendadas están: *Leucaena leucocephala* *Ipil-ipil*, *L. leucocephala* (cv. Cunningham, cv. Perú, cv. CNIA-250), *Albizia lebbeck*, *Gliricidia sepium* y *Bahuinia purpurea*. Las especies *Morus* ssp., *Tithonia difersifolia* y *Trichantera*

gigantea poseen estudios en agrotecnia y en dietas de monogástricos y ruminantes, aunque no se han certificado como especies comerciales. *L. leucocephala* ha sido la planta más estudiada dentro de las arbóreas en sistemas silvopastoriles.

En general, las especies arbóreas antes mencionadas por los estudios realizados en ovinos en jaulas de metabolismo, presentaron un alto valor nutricional (cuadro 1), lo cual avala su uso en la producción animal (González y Cáceres, 2002).

Con relación a las plagas y enfermedades, se ha planteado emplear un enfoque ecosistémico para prever los posibles problemas asociados a la producción agrícola intensificada. En este enfoque juega un importante papel la diversidad de variedades que sean resistentes a las plagas, el manejo de las plantas arvenses; asimismo, se observó que cuando se manejan árboles-pastos mejorados, éstos propician la presencia de diferentes hábitats para las especies insectiles, ya que se crea un microclima que favorece su desarrollo; además, permite que se establezcan interacciones complejas que implican un mayor equilibrio entre fitófagos y biorreguladores, favoreciendo a estos últimos, así como a otros de tipo benéfico; entre ellos, se encuentran los polinizadores, coprófagos y descomponedores de la materia orgánica, que son los responsables de mantener la estabilidad biológica de estos sistemas, a nivel del pastizal (Alonso *et al.*, 2011).

Cuadro 1.
Valor nutritivo de especies arbóreas

Especies	Época lluviosa					Época poco lluviosa						
	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)	PBD g/kg MS	EM	Consumo MS/Bovinos	DMO (%)	DPB (%)	DFB (%)	PBD g/kg MS	EM	Consumo MS/Bovinos
<i>L. leucocephala</i>	58.9	60.6	66.2	107.9	8.6	121.2	62.5	68.6	56.9	170.8	9.2	128.0
Cunningham												
<i>Glicicidia</i>	63.5	53.5	53.1	134.8	9.4	125.8	61.4	55.3	54.5	133.3	9.1	131.3
<i>Albizia</i>	61.7	76.4	57.4	191.1	8.9	127.0	61.7	79.4	52.3	186.6	9.0	109.1
<i>M. alba</i>	79.2	71.1	68.1	161.2	10.2	164.9	75.1	75.1	67.2	173.8	10.1	162.5
<i>Bauhinia</i> sp.	55.9	55.3	46.2	63.6	7.9	133.3	55.7	55.1	45.0	66.7	8.1	148.6
<i>Erythrina poeppigiana</i>	48.4	56.1	49.2	139.7	8.4	139.2	52.5	59.1	50.1	149.5	8.9	144.9
<i>Ibiscus rosa sinensis</i>	76.2	59.5	65.2	118.4	9.9	166.5	71.3	60.3	66.1	122.4	10.2	168.9

DMO= Digestibilidad de la materia orgánica

DPB= Digestibilidad de la proteína bruta

DFB= Digestibilidad de la fibra bruta

PBD= Proteína bruta digestible

EM= Energía metabolizable (MJ/kgMS)

CMS: Consumo de materia seca (g/Kg. P⁰, 75)

Fuente: Adaptado de González y Cáceres (2002).

Otros indicadores importantes han sido abordados por Renda (2006), relacionados con la evaporación y la escorrentía, en los que se observa que después de incluir las plantas perennes leñosas en un período de diez años, el efecto positivo sobre el suelo, el agua y el medio ambiente fue significativo cuando se comparó con el monocultivo. Esto se debe a que en los escenarios abiertos o desprovistos de vegetación, la velocidad del viento y la alta cantidad anual de horas sol genera una alta evaporación; por ello, los registros de coeficiente de escurrimiento superficial en los pastizales son de tres a cinco veces mayores, y la evaporación cuatro veces mayor comparada con áreas que tienen presencia de árboles.

En las Alturas de Bejucal, microcuenca Aguas Claras, en la provincia de La Habana (Cuba), se reportan tasas erosivas de entre ocho hasta 70 t/ha/año en los pastizales degradados; mientras que en las áreas cubiertas por el bosque apenas supera una t/ha/año, alcanzando el coeficiente de escurrimiento superficial valores superiores a 0,70. Esto se debe a que en los escenarios abiertos o desprovistos de vegetación, la velocidad del viento y la alta cantidad anual de horas sol genera una alta evaporación.

Sin embargo, el pastizal bien manejado protege eficientemente el suelo de la erosión hídrica, cuando cubre casi toda la superficie y está arbolado con especies multipropósitos en pendiente menor de 20°. Todo lo contrario se manifiesta cuando los pastizales se ubican en las vertientes de las cuencas con pendiente mayor de 20°, ya que el sobrepastoreo y la degradación del suelo provocan un aumento del escurrimiento sólido en más de 40 veces.

Producción animal en los sistemas silvopastoriles

Con vacas mestizas se alcanzaron producciones entre 6.6 y 11 litros/vaca/día en bancos de proteína y en la asociación árboles-pastos en toda el área con igual raza, sin riego ni fertilización; las producciones estuvieron entre 7 y 120 litros/vaca/día (ver cuadro 2).

Cuadro 2.
Producciones de leche y carne a partir de SSP.

<i>Sistema</i>	<i>Especies</i>	<i>Producción</i>	<i>Autores</i>
Producción de leche (Kg/vaca/día)			
Banco de proteína	<i>L. leucocephala</i>		Lamela <i>et al.</i> (2009)
Bancos forrajeros	<i>Cratylia argentea</i>	6.6-11.0	Milera <i>et al.</i> (2007)
	<i>P. maximum</i>		Murgueitio (2006)
	<i>C. dactylon</i>		
	<i>Morus alba</i>		
Silvopastoreo	<i>P. maximum</i>		Hernández <i>et al.</i> (2007)
	<i>C. nlemfuensis</i>	7.0-12.0	Sánchez (2002)
	<i>Brachiaria decumbens</i>		Sánchez <i>et al.</i> (2010)
	<i>L. leucocephala</i>		López <i>et al.</i> (2003)
	<i>G. sepium</i>		Simón (2005)
	<i>A. lebeck</i>		
Novillas en desarrollo y engorda (g/aniamal/día)			
Bancos	Leucaena	400-555	Iglesias <i>et al.</i> (2007)
Asociación	<i>L. leucocephala</i>	600-800	Hernández (2000)
	<i>Bahuinia purpurea</i>		Iglesias <i>et al.</i> (2007)
	<i>Albizia lebeck</i>		Sánchez <i>et al.</i> (2010)

Fuente: Elaboración propia.

Los SSP expresarán su potencial en producción de leche (8-12 kg/vaca/día) en función de las condiciones edafoclimáticas, el potencial de las vacas utilizadas, la densidad de la arbórea y la gramínea mejorada que se utilice, pues posee mayor disponibilidad y calidad de la biomasa al compararlo con sistemas en monocultivo de gramíneas mejoradas.

En un trabajo desarrollado en La Habana con vacas Siboney de Cuba —de varias lactancias— se compararon cuatro agroecosistemas; donde los sistemas I y III estaban constituidos por una asociación de leucaena con pastos cultivados y sobre suelos de buena fertilidad; el sistema II era también una asociación de leucaena, pero con pastos naturales y

en suelo de baja fertilidad; y el cuarto (IV) sistema fue un monocultivo de pastos mejorados sobre suelo fértil. Los animales tuvieron un consumo de concentrado comercial a razón de 0, 1, 2 y 3 kg/animal/día para los agroecosistemas del I al IV, respectivamente. Los mejores promedios de producción diarios por lactancia se encontraron en los sistemas I y III, con 7.1 y 8 kg/animal/día; mientras que los rendimientos más bajos se hallaron en los sistemas II y IV, con 5.2 y 6.2 kg/animal/día, respectivamente.

Como puede observarse, las asociaciones de árboles con pastos mejorados establecidas en suelos de buena fertilidad y cierto nivel de suplementación con concentrados propician mejores rendimientos al producir leche con vacas de mediano potencial que los sistemas arborizados sobre suelos de baja fertilidad y pastos naturales; o no arborizados aun cuando se hayan establecido sobre suelos fértiles, con pastos cultivados, y además posean un nivel aceptable de suplementación con concentrados (Reinoso, 2000).

Las asociaciones de *L. leucocephala* con gramíneas mejoradas (*Panicum maximum* y *Cynodon nlemfuensis*) en suelos de mediana fertilidad permiten un consumo de PB entre un 20 y un 35% por encima de las necesidades de los animales; mientras que la energía es deficitaria entre un 3 y un 10% para vacas de mediano potencial en lactación, es decir, de 7 a 9 kg/animal/día (Sánchez *et al.*, 2008).

Las dietas con un contenido de proteína bruta significativo, estimulan el incremento de la producción de leche al inicio de la lactancia, debido a que las vacas son capaces de movilizar sus reservas corporales de energía para satisfacer las demandas de nutrientes requeridos para producirla. Por otra parte, las vacas que paren con una condición corporal (CC) entre 3.0 y 3.5 (escala de 1 a 5) son capaces de producir un 20% más de leche que aquellas que lo hacen con una CC de 2.5, y hasta un 25% más de leche con respecto a las que paren con una CC igual a 4. Lo que implica que las vacas obesas, al momento del parto, presenten una mayor dificultad para producir leche que las vacas flacas (López *et al.*, 2002).

El efecto positivo de la asociación gramínea-leguminosa arbórea en la disponibilidad de biomasa comestible, es otra característica del sistema; así, López *et al.* (2002), informaron valores de disponibilidad de 3.20 y 3.60 t de MS/ha/rotación, la cual permitió ofertar entre 47.30 y 49.50 kg de MS/animal/día para el periodo poco lluvioso (PPLL) y el periodo lluvioso (PLL), respectivamente; esto justificó el equilibrio en las producciones de leche en ambas épocas.

En la región oriental de Cuba, donde ocurren precipitaciones por debajo de los 800mm, cuando emplearon el SSP (Leucaena y gramíneas mejoradas) con vacas mestizas del cruce *Holstein* x *Cebú*, en un rancho que pertenece a la producción cooperativa, se alcanzaron producciones promedio por más de seis años de 8.5 kg/vaca/día (Milera, 2010).

Hernández *et al.* (2007) desarrollaron estudios con diferentes intensidades de pastoreo en un SSPi a partir de una multisociación de gramíneas, leguminosas herbáceas y *L. leucocephala* con alta densidad (15,000 plantas/ha) y alta intensidad de pastoreo. En estos estudios se ha puesto de manifiesto que el empleo de los árboles en diferentes estratos es una de las soluciones para el crecimiento y desarrollo de la ganadería, la cual se ha visto frenada por diversos factores; entre ellos, la falta de introducción de resultados de bajo

costo y alta plusvalía, que utilicen los recursos de la localidad y sustituyan importaciones que permitan al productor rentabilidad.

Lo más significativo del sistema silvopastoril intensivo (SSPi) es la multiasociación de numerosas especies (gramíneas y leguminosas herbáceas y arbóreas) en alta densidad de plantas arbóreas, con gran diversidad de la dieta ofrecida y consumida, y un mayor componente de leguminosas que de gramíneas; ello influye en la calidad nutritiva del alimento, por lo que con 25 kg de MS/vaca/día se pueden alcanzar los mismos resultados que con ofertas entre 30 y 50 kg de MS/vaca/día en los sistemas con riego y fertilización sin suplementos concentrados. Esta es una forma de intensificación sin afectar el medio ambiente.

Los resultados en proyectos desarrollados en fincas, reportados por Murgueitio *et al.* (2006), muestran que el área a intervenir en las fincas varía entre el 15 y 100%, y en todos los casos con el uso de Sistemas Agroforestales Pecuarios (SAFP), se incrementa la carga animal y la productividad de la leche a partir de la transformación de las pasturas sin árboles; pero éstas varían según la intensidad de siembra de los árboles y los arbustos que componen el arreglo agroforestal, con aumentos que oscilan entre 87.50 y 166.60% para la carga y 200-350% para la producción de leche.

Otra forma de utilizar los sistemas silvopastoriles es a partir de bancos forrajeros para corte y acarreo del forraje de plantas arbóreas. Este método es utilizado en sitios donde el sistema de pastoreo, generalmente, sólo dispone de gramíneas mejoradas y el forraje de las plantas proteínicas se utiliza para la complementación o para animales estabulados.

En el diseño de bancos forrajeros mixtos, Sinisterra *et al.* (2010) proponen los siguientes criterios:

- Las plantas leñosas arbustivas ocupan como mínimo 75% del área y generan cerca de la tercera parte de la biomasa, de alta calidad proteica.
- Las gramíneas forrajeras energéticas generan hasta dos terceras partes de la biomasa y ocupan hasta la cuarta parte del área.
- La densidad mínima es de 15,000 plantas por hectárea.
- Cada banco asocia, como mínimo, seis especies forrajeras.
- La complementariedad en los ciclos productivos de las especies y en los usos como fuentes de alimento, para diferentes especies animales, se ajusta a las necesidades del pequeño productor.

Lo más significativo de esta recomendación estriba en la importancia que el autor concede a la diversidad de especies y su funcionalidad, aspecto trascendental si se consideran los aspectos siguientes: efectos del cambio climático con relación al aumento de las temperaturas, las intensas lluvias o extensos períodos de sequía, que pueden causar un ataque de plagas, una enfermedad o muerte de una de las especies establecidas; motivados por el clima, al emplear más de una, el resto de las especies sobrevivirán; por el contrario, si se practica el monocultivo la vulnerabilidad es mayor.

También existen resultados con bancos forrajeros de arbóreas, en una parte del área, en función de las necesidades de los animales. En vacas mestizas, Milera *et al.* (2007), comprobaron que el suministro de forrajes de *Moru ssp.*, en los primeros 140 días de lactancia, a razón del 1% del peso vivo a vacas que disponían de gramíneas mejoradas en

pastoreo sin riego, ni fertilizantes y sin suplementos concentrados, permitió producciones superiores a los 10 litros/animal/día. Con vacas Holstein en pastoreo, Rodríguez-Molano *et al.* (2010), suplementaron forraje de morama y avena, y observaron que ésta superó al control sin el forraje, en 5.42 kg (21.53 vs. 16.11 kg/vaca/día).

En condiciones tropicales donde se puede utilizar eficientemente el pastoreo, los bancos forrajeros son una opción para la complementación, excepto en áreas pequeñas. El corte y acarreo no es la solución total de la alimentación, debido a las exigencias en el manejo agronómico de las áreas de forraje de gramíneas y de arbóreas, así como todas las actividades que requiere (corte, fertilización, cargue, traslado, troceado y oferta); lo cual implica esfuerzo y tiempo que debe dedicar el criador. En el pastoreo, los animales de mediano potencial o de doble propósito pueden seleccionar más del 60% de sus requerimientos con SSP de especies mejoradas adaptadas.

En este contexto, el uso de los árboles y arbustos (especialmente los leguminosos) como recurso forrajero para la producción de carne, tanto en bancos de proteína como en asociaciones árbol-pasto, es una opción socioeconómica con posibilidades de mitigación. Este sistema de bajos insumos mejora la calidad del pasto base y el bienestar animal; éstos, a su vez, pueden expresar un mejor comportamiento en términos de ganancia diaria y producción de carne.

La inclusión de la leguminosa arbórea *L. leucocephala* en toda el área de pastoreo cubierta por pastos naturales (Hernández *et al.*, 1986) permitió ganancias individuales de 715 g/animal/día y un incremento del 51% en la producción de carne/ha, con relación a la obtenida con base de pasto nativo solamente. En las condiciones donde se presentó una sequía extrema durante el año, este sistema silvopastoril logró mantener una ganancia individual —promedio anual— superior a los 400 g/día.

La utilización de este sistema en la ceiba final de toros Cebú (Hernández *et al.*, 1987), avaló la asociación como una forma ventajosa de producir carne con pocos insumos externos. Las ganancias (419 g/animal/día) fueron superiores en un 73% a las obtenidas con pasto natural solo (242 g/animal/día) y no difirieron de las de un sistema que incluyó la suplementación en la segunda mitad de la época poco lluviosa, con 1.50 kg de miel, más urea al 3% y 200 g de harina de soya (409 g/animal/día).

Al comparar un sistema de banco de proteína en pastos naturales con la asociación de árboles en toda el área, Castillo *et al.* (1992) comprobaron que las ganancias individuales y por hectárea en la época poco lluviosa fueron mayores para el sistema asociado; lo que demostró el efecto positivo de la leucaena en los rendimientos de la ceiba bovina.

En esta investigación, las ganancias totales en el período fueron de 425, 539 y 605 g/animal/día para los sistemas de pasto natural solo, banco en el 30% y asociación, respectivamente; con pesos finales de 312, 357 y 384 kg, los cuales se pueden considerar satisfactorios para el genotipo animal estudiado (¾ Cebú x ¼ Holstein).

Los estudios en machos de genotipos cruzados, provenientes de rebaños lecheros, en un sistema compuesto por Guinea likoni, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk y pastos naturales (*Dichanthium sp.* y *Paspalum notatum*), asociados con leucaena a razón de 555 árboles/ha, demostraron que los animales del tipo lechero no alcanzaron pesos

al sacrificio similares a los del tipo Cebú, más rústico y adaptado a las condiciones de pastoreo sin insumos; pero las ganancias obtenidas durante la ceba fueron suficientes para lograr animales de segunda clase, con un peso superior a los 355 kg y sin pérdidas económicas para el sistema.

Aunque los resultados del peso vivo final y la ganancia acumulada en estos animales no fueron relevantes, resultaron muy superiores a los que se alcanzaban en sistemas con base de pastos y suplementación con melaza, a los que se obtenían en cebaderos estabulados con base de miel/urea, forraje y suplementos proteicos (Iglesias *et al.*, 2007).

En el caso de las novillas mestizas, cuando Sánchez *et al.* (2010) suplementaron con el 20% de los requerimientos de proteína con northgold (residuo de destilería del maíz), observaron diferencias significativas con un control árboles-pastos y con el tratamiento que sólo recibió el 10% (0.805; 0.459 y 0.572 kg/animal/día, respectivamente); lo cual argumentan a partir de la calidad de la proteína, su riqueza en energía, fibra y fósforo de alta digestibilidad; agregan que contiene proteína no degradable en rumen.

En los sistemas estudiados, se supone que la leucaena ha influido en un mejor comportamiento de los animales, debido a su alta calidad y composición aminoacídica, así como a la presencia de fitoestrógenos e isoflavonas que mejoran la permeabilidad de la mucosa ruminal y permiten una mayor absorción de los metabolitos (D'Mello y Fraser, 1981). También pudiera estar relacionado con una mayor cantidad de bacterias totales y hongos celulolíticos en el rumen de los animales que pastaron en áreas con la arbórea, al favorecer una mayor degradación de la fibra, con un mayor consumo total de la ración (Delgado *et al.*, 1996; Wilson y Hatfield, 1997).

Si se considera el aumento de los precios de los granos y cereales y, por consiguiente, de los concentrados en el mercado mundial, la alimentación basada en pastos y forrajes con especies adaptadas a cada sitio que permitan su explotación durante todo el año, contribuirá a la sostenibilidad de la producción, con una mayor autosuficiencia alimentaria.

Contribución de los SSP a la adaptación y mitigación del cambio climático

Según Galindo *et al.* (2009), al analizar un conjunto de muestras de especies forrajeras observaron que con el aumento del 1% de digestibilidad se producen 4.32 microlitros menos de metano por kg de materia seca consumida [Microlitros de CH₄/kg MS = 296.78 - 4.3222 (% de DMS), R=0.95].

La ganadería está acusada de contaminar el medio ambiente debido a las producciones de metano; sin embargo, los rumiantes no son los culpables sino el sistema de alimentación que el hombre ha diseñado en las últimas décadas; fundamentalmente, el monocultivo de gramíneas mejoradas que fueron seleccionadas para una alta demanda de fertilizantes químicos y la elevada suplementación de cereales, así como los sistemas extensivos con baja digestibilidad y conversión con base de gramíneas.

En la cuadro siguiente se puede observar la importancia de los árboles en la reducción de la producción de metano en rumen. Este es el resultado de varios estudios con diferentes especies de arbóreas (Galindo *et al.*, 2000; 2007 y 2009).

Cuadro 3.
Efecto del follaje de diferentes plantas en la producción de metano en rumen.

<i>Especies</i>	<i>Producción de metano (μL)</i>
<i>Samanea saman</i> (algarrobo)	4.30 ^a
<i>Albizia lebbek</i>	5.73 ^a
<i>Azadirachta indica</i>	8.59 ^a
<i>Tithonia diversifolia</i> material vegetal 23	9.20 ^a
<i>Cordia alba</i>	11.76 ^a
<i>Leucaena leucocephala</i>	16.38 ^a
<i>Pithecelobium dulce</i>	20.03 ^a
<i>Moringa olifera</i>	25.33 ^a
<i>Gliricidia sepium</i>	29.02 ^{ab}
<i>Guazuma ulmifolia</i>	37.98 ^{ab}
<i>Tithonia diversifolia</i> material vegetal 10	43.00 ^{ab}
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	64.71 ^b
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	65.15 ^b
EE ±	1.20 ^{***}

Fuente: Galindo (2009).

Con relación a la captura de carbono, Miranda *et al.* (2007) —al analizar un sistema silvopastoril y otro sin árboles— encontraron un estimado de carbono almacenado por hectárea en los sistemas, valorado aproximadamente en 1,590 dólares (USD) por año. De este monto, el 80% fue aportado por el sistema silvopastoril, con lo que supera sustancialmente al sistema de pasto natural por su alta contribución económica.

Los autores señalaron que los valores económicos, desde la perspectiva ambiental, junto con los ingresos correspondientes de la comercialización del producto final (leche), representan una valorización del ecosistema agropecuario. Ello permite medir y comparar los diferentes beneficios que generan los ecosistemas; puede servir de instrumento para demostrar la importancia del manejo y la gestión de los recursos naturales; y, además, pone de manifiesto la eficiencia económica de su uso sostenible al integrar, en su análisis, beneficios superiores a los que son percibidos en términos monetarios.

Por otro lado, existe un gran potencial para manejar y recuperar áreas degradadas por el sobrepastoreo, mediante los sistemas con árboles. Los resultados de este estudio muestran cómo los sistemas árboles-pastos son una adecuada alternativa para el desarrollo sostenible en el sector agropecuario; y aun cuando se subutilizan las cercas vivas, demostraron sus ventajas en términos de captura.

Un aspecto importante de este trabajo fue que el elemento fundamental lo constituyó el valor económico y aunque no es el único elemento a tener en cuenta en la toma de decisiones, representa un instrumento a tener presente en las mismas, junto a otras consideraciones políticas, sociales y culturales.

Milera *et al.* (2010), al analizar los resultados del monocultivo de gramíneas de dos sistemas que combinaron árboles-pastos —con baja y alta densidad de árboles— observaron un incremento significativo del carbono con la presencia y la densidad de las plantas leñosas (585 vs. 20,000), con valores de 9.50; 157.50 y 425.80 t de C/ha para el monocultivo, la baja y alta densidad, respectivamente.

Con el empleo de SSP, que combinen gramíneas mejoradas y arbóreas adaptadas, no sólo se pueden alcanzar satisfactorias producciones de leche y carne, sino que representan una de las mayores contribuciones para disminuir las afectaciones del cambio climático.

Desde antes del año 2000, la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” (EEPFIH) trató de incorporar la utilización de energía renovable en los sistemas de producción agropecuaria, pero fue en el 2007 cuando se materializó este elemento. El componente energético en el sistema fue definido por la FAO (2008a) de la forma siguiente: alimento-clima-energía, una nueva ecuación, concediendo una gran importancia a este último factor.

Los biocombustibles son considerados, por gobiernos e instituciones internacionales, como una alternativa ecológica a los combustibles fósiles, por su capacidad de reducción en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), aspecto muy controvertido con sus defensores y detractores.

Uno de los aliados de la producción sostenible de biocombustibles líquidos es el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y el Programa Bioenergía y Seguridad Alimentaria (FAO, 2008b), el cual promueve el desarrollo de normas sostenibles; y en el año 2007 tuvo a su cargo la organización de una mesa redonda internacional sobre *Jatropha curcas*, planta arbórea para la producción de aceites.

La *Jatropha curcas* y el *Ricinus communis* son plantas arbustivas productoras de biodiesel que, sembradas con cultivos intercalados o en áreas de pastoreo, son una perfecta combinación para la producción de alimento-energía. Esta experiencia se desarrolló por la EEPFIH con la colaboración de la Agencia de Cooperación Suiza (COSUDE) en un proyecto en el que se reforestaron más de 90 ha con *J. curcas*, en suelos de baja fertilidad.

Se montaron dos instalaciones de beneficio del fruto de *Jatropha* y la extracción de su aceite, en San Antonio de Sur y Guantánamo (Granja Paraguay), así como de una planta de producción de biodiesel; a partir de dicho aceite en esta granja, con capacidad de 400 L/día (105.600 L, 13.5 t de glicerol y 284 t de bioabonos anuales). Ciento nueve hectáreas de *J. curcas* asociadas a 21 cultivos en cuatro provincias, principalmente

en Guantánamo; un 55% de ellas están ubicadas en suelos no utilizables para otras producciones agrícolas y, en alta proporción, en áreas de alta fragilidad, con afectaciones medioambientales y cuencas hidrográficas. Las producciones de alimentos oscilan entre 3.0 y 15 t/ha-año, en un 70% del área, bajo condiciones de riego de supervivencia y fertilización con bioabonos (Suárez *et al.*, 2012).

Según Sotolongo *et al.* (2012), el proceso de recolección, secado, descascarado y prensado de los frutos de *J. curcas* generaron, diariamente, 528 L de aceite/día y 1,074 kg de cáscaras y tortas de prensado/día, las cuales se destinaron como materia prima para la producción de composta (284 t anuales).

Los sistemas agroenergéticos, a partir de plantas arbóreas que no compiten con la alimentación humana, constituyen un reto para las investigaciones futuras; debido no sólo al incremento de la población con necesidades alimentarias y energéticas, sino al declive de los recursos energéticos y el deterioro ambiental, creados a partir de la contaminación y el calentamiento global. Alternativas capaces de revertir esta situación, como las expuestas, en coexistencia con la protección del medio ambiente, inician el cumplimiento de ese reto.

Contribución de los SSP a la calidad de la leche

Con relación a la calidad de la leche para la salud humana, según estudios realizados en Italia por Rubino *et al.* (2010), su composición depende del origen o la forma en que se maneja el alimento a consumir por los animales (estabulación con suplementos, pastoreo suplementado o pastoreo sin suplementos); y destaca que esta idea moderna de expresar la calidad de la leche demuestra que el pastoreo solamente es más rico en contenidos de ácidos grasos, CLA, Omega 3, vitaminas y antioxidantes beneficiosos al compararlo con animales suplementados y animales estabulados. En este sentido, Galina *et al.* (2007) señalaron que los conceptos de desarrollo ganadero se han enmarcado dentro del precepto de menor costo, mayor productividad; no obstante, debe comenzar a valorarse la calidad en función de la salud humana.

Consideraciones finales

Los SSP, manejados sobre bases agroecológicas —con diversidad de especies de diferentes patrones de desarrollo— garantizan mayor biodiversidad, son autosuficientes, regulan la energía solar incidente sobre la superficie; con un efecto protector sobre la temperatura del sistema, la humedad relativa, la evapotranspiración, la escorrentía; disminuyen la erosión, mejoran la vida del suelo, lo que les permite que sean resilientes al cambio climático.

Estos sistemas propician la presencia de diferentes hábitats para las especies insectiles, ya que se crea un microclima que favorece su desarrollo; además, permite que se establezcan interacciones complejas que implican un mayor equilibrio entre fitófagos y biorreguladores, favoreciendo el desarrollo de estos últimos, así como a otros micro-organismos benéficos.

La utilización de plantas forrajeras arbóreas poseen alto valor nutricional y bien empleadas pueden contribuir a la mitigación del cambio climático, pues incrementan la

digestibilidad por los altos contenidos de proteína que poseen y disminuyen la producción de metano en rumen.

Es una necesidad contar con modelos agropecuarios diversificados, que utilicen la energía no renovable, que empleen recursos fitogenéticos adaptados, resilientes, ya sea para la alimentación animal y humana como para la producción de aceites (biocombustibles) para utilizar su energía, en sistemas que antes sólo se dedicaban a la producción de leche y carne con monocultivos y altos insumos químicos y energéticos, o áreas deterioradas por nulas aplicaciones y sobreexplotación.

Este manejo hacia nuevas formas de agricultura alternativa, permiten una menor inversión en importaciones y mayor calidad en las producciones para la salud humana.

Literatura citada

- Alonso, G. (2010). *Enfrentamiento al cambio climático en Cuba. Programa. Resúmenes*. II Congreso Producción Animal Tropical. Tomo I. Palacio de Convenciones La Habana. Cuba. 10 pp.
- Alonso, O.; Lezcano, J. C. y Milera, M. (2011). El contexto fitosanitario en sistemas de pastoreo racional con gramíneas y en silvopasturas. En: André Voisin: *Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. (Editora: Milera, M.). 443 pp.
- Álvarez, A. y Mercadet, A. (2007). *El cambio climático y la actividad agraria*. Memorias del IV Congreso Forestal de Cuba (CD-ROM). Instituto de Investigaciones Forestales-MINAG. La Habana, Cuba. 8 pp.
- Anon. (2012). Biodiversidad continúa en declive. Periódico Granma, Año 48, No. 238. p. 3.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E.; Febles, G.; Ramírez, R.; Puentes, R.; Bernal, G. y Díaz, L. E. (1992). Producción de carne bovina basada en *Panicum maximum* Jacq., dos proporciones de *Leucaena leucocephala* y diferentes cargas. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 26:255.
- Delgado, D.; Galindo, J.; Chongo, B. y Curbelo, T. (1996). Efecto del nivel de inclusión de la leucaena y la digestibilidad de la fibra en carneros. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 30:283.
- D'Mello, J. P. F. y Fraser, F. W. (1981). The composition of leaf meal from *L. leucocephala*. *Tropical Science.* 23:77.
- FAO. (2008^a). *Alimentos, energía y clima: una nueva ecuación. La FAO en Acción 2007- 2008*. 18 pp.
- FAO. (2008b). *Oportunidades y desafíos de la producción de biocombustibles para la seguridad alimentaria y del medio ambiente en América Latina y el Caribe*. 30^a Conferencia Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 14 al 18 de abril, FAO, Brasilia, Brasil. 8 pp.
- Galina, M. A.; Osnaya, F.; Cuchillo, H. M. y Haenlein, G.F.W. (2007). Cheese quality from milk of grazing or indoor fed Zebu cows and Alpine crossbred goats. *Small Ruminant Research*, 71: 264.
- Galindo, J.; Marrero, Y. y Aldama, A. I. (2000). Efecto de *Gliricidia* en la población protozoaria y organismos celulolíticos ruminales. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 35:3.
- Galindo, J.; García, C.; Marrero, Y.; Castillo, E.; Aldama, A. I.; Torres, V. y Sarduy, L. (2007). Efecto de la composición del pastizal de *Leucaena leucocephala* con gramíneas en la población microbiana ruminal de toros. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 41:2.
- Galindo, J. (2009). *Los árboles como controladores de la producción de metano en rumen*. VIII Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". Varadero, Matanzas, Cuba. 190 pp.
- Galindo, J.; González, N.; Sosa, A.; Marrero, Y.; González, R.; Delgado, D.; Torres, V.; Aldana, A.; Cairo, J.; Sarduy, L. y Noda, A. (2009). Effect of bromoethansulfonic acid bacteria population and *in vitro* rumen fermentation. *Cuban Journal of Agricultural Science.* 43:43.
- González, E. y Cáceres, O. (2002). Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes.* 25:15.
- Hernández, D.; Carballo, M. y Reyes, F. (2007). Manejo racional de una multiasociación árboles-pastos. En: André Voisin. *Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. (Ed. Milera, M.). 513 pp.

- Hernández, I. (2000). *Utilización de las leguminosas arbóreas L. leucocephala, A. lebeck y B. purpurea en sistemas silvopastoriles*. Tesis presentada en opción al grado científico de Dr. en Ciencias Agrícolas. ICA. La Habana, Cuba. 138 pp.
- Hernández, C. A.; Alfonso, A. y Duquesne, P. (1986). Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas herbáceas. I. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes*. 9:79.
- Hernández, C. A.; Alfonso, A. y Duquesne, P. (1987). Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 10:246.
- Iglesias, J. M.; Simón, L.; Hernández, I.; Castillo, E.; Ruíz, T.; Valdés, G.; Hernández, C. A. y Milera, M. (2007). Sistemas de producción basados en pastos, forrajes y leñosas forrajeras para la ceba vacuna. En: André Voisin. (Editora: Milera, M.). *Experiencia y aplicación de su obra en Cuba*. 547 pp.
- Lamela, L.; López, O.; Sánchez, T.; Díaz, M. y Valdés, R. (2009). Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Holstein. *Pastos y Forrajes*. 32:1.
- López, O.; Lamela, L.; Sánchez, T. y Díaz, M. (2002). Efecto del sistema silvopastoril en el comportamiento productivo de vacas Mambí en una finca lechera comercial. *Pastos y Forrajes*. 25(3):195.
- López, O.; Lamela, L. y Sánchez, T. (2003). Efecto de la época en la condición corporal y el comportamiento productivo de hembras Mambí en silvopastoreo. *Pastos y Forrajes*. 26(3):221.
- Machado, R. y Seguí, E. (1997). Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20(1):1.
- Milera, M.; Martín, G.; Hernández, I.; Sánchez, T. y Fernández, E. (2007). Resultados preliminares del forraje de *Morus alba* en la alimentación de vacas lecheras. *Revista Avances de Investigación Agropecuaria (AIA)*. 11:2.
- Milera, M. (2010). *Mitigación del cambio climático a partir de sistemas de alimentación de pastoreo y ramoneo*. Programa. Resúmenes. II Congreso Producción Animal Tropical. Tomo I. Palacio de Convenciones La Habana. Cuba. ISBN. 16pp.
- Milera, M.; Sánchez, S.; Alonso, O.; Hernández, D. y Machado, R. (2010). *Los recursos forrajeros herbáceos y arbustivos en la alimentación de rumiantes para mitigar el cambio climático*. Resúmenes. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos. (Ed. Muhammad Ibrahim y Enrique Murgueitio). Panamá. 45pp.
- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H. y Duquesne, P. (2007). Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. *Pastos y Forrajes*. 30:483.
- Murgueitio, E.; Cuellar, P.; Ibrahim, M.; Gobbi, J.; Cuartas, C. A.; Naranjo, J. F.; Zapata, N.; Mejía, C. E.; Zuluaga E. F. y Casasola, F. (2006). Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios. *Pastos y Forrajes*. 29:365.
- Preston, T.R. 2007. Cambio climático y producción de alimentos y energía en sistemas agrícolas. Conferencia impartida en la EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Reinoso, M. (2000). *Contribución del potencial lechero y reproductivo de sistemas de pastoreo arborizados empleando vacas Siboney de Cuba*. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinaria. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 99 pp.
- Renda, A. (2006). Papel de los sistemas agroforestales en el escenario agrario de las cuencas hidrográficas de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 29:351.
- Rodríguez-Molano, C. E.; Flores-Gómez, Y. R. y Rodríguez-Salgado, Á. M. (2010). *Uso de un Sistema Silvopastoril (SSP) de morera (Morus alba) y saúco (Sambucus peruviana) en suplementación de vacas Holstein*. Resúmenes. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos. (Ed. Muhammad Ibrahim y Enrique Murgueitio). Panamá. 58 pp.
- Rubino, R.; Pizzillo, M. y Masoero, G. (2010). *Calidad del producto en relación con los sistemas de pastoreo*. Programa. Resúmenes. II Congreso Producción Animal Tropical. Tomo I. Palacio de Convenciones La Habana. Cuba. 118 pp.
- Sánchez, S. (2007). *Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de Panicum maximum Jacq. y en un sistema silvopastoril de P. maximum y Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*. Tesis presentada en opción al título de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 124 pp.

- Sánchez, T. (2002). *Evaluación de un sistema silvopastoril con hembras Mambí de primera lactancia bajo condiciones comerciales*. Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes. EEPF "Indio Hatuey". Universidad de Matanzas. Matanzas, Cuba. 93 pp.
- Sánchez, T.; Lamela, L.; López, O. y Benítez, M. (2008). Comportamiento productivo de vacas lecheras Mambí de Cuba en una asociación de gramíneas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunninghamham. *Pastos y Forrajes*. 31(4):371.
- Sánchez, T.; Lamela, L. y López, O. (2010). Efecto de la suplementación con residuos de destilería del maíz en el comportamiento de novillas en una asociación de gramínea y leucaena. *Pastos y Forrajes*. 33:323.
- Simón, L. (2005). Impacto bioeconómico y ambiental de la tecnología del silvopastoreo racional en Cuba. En: *Silvopastoreo: un nuevo concepto del pastizal*. (Ed. L. Simón). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 203 pp.
- Sinisterra, J. A.; Murgueito, E. y Osorio, C. G. (2010). *Bancos forrajeros mixtos en contextos agroecológicos variados como estrategia de alimentación del ganado durante la sequía del Niño 2009-10. Resúmenes*. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos. (Ed. Ibrahim, M. y Murgueitio, E.). Panamá. 12 pp.
- Sotolongo, J. A.; Suárez, J.; Martín, G. J.; Cala, M.; Vigil, M. C.; Toral, O.; Reyes, F. y Santana, H. (2012). Producción integrada de biodiesel y alimentos: la concepción de una tecnología agroindustrial apropiada para Cuba. En: *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural*. (Ed. Suárez, J. y Martín, G. J.). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 96 pp.
- Suárez, J. y Martín, G. J. (2010). Producción de agroenergía a partir de biomasa en sistemas agroforestales integrados: una alternativa para lograr la seguridad alimentaria y la protección ambiental. *Pastos y Forrajes*, 33:229.
- Suárez, J.; Martín, G. J.; Sotolongo, J. A.; Cepero, L. y Hernández, R. (2012). Impacto de la producción integrada de alimentos y de energía. Contribución a la seguridad alimentaria, ambiental y energética. En: *La biomasa como fuente renovable de energía en el medio rural*. (Ed. Suárez, J. y Martín, G. J.). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". 188 pp.
- Tafur-Arango, O.; Hurtado, E. A.; Morales, J. M.; Fajardo, D.; Murgueitio, E. y Solarte, A. (2010). Sistemas silvopastoriles para producción de leche en el piedemonte amazónico de Colombia sin incremento de la deforestación. En: *Resúmenes. VI Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. Multiplicación de los sistemas agroforestales y silvopastoriles para la adaptación y mitigación del cambio climático en territorios ganaderos*. (Ed. Ibrahim, M. y Murgueitio, E.). Panamá. 120 pp.
- Wilson, J. R. y Hatfield, R. D. (1997). Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: Consequences for fibre degradation by rumen microflora. *Australian Journal of Agricultural Research*. 48:165.

Recibido: Febrero 07, 2013

Aceptado: Julio 30, 2013