



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

[rcca@ica.co.cu](mailto:rcca@ica.co.cu)

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Alonso, J.

Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 45, núm. 2, 2011, pp. 107-115

Instituto de Ciencia Animal

La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://www.redalyc.org)

[redalyc.org](http://www.redalyc.org)

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente

J. Alonso

*Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*  
*Correo electrónico: jalonso@ica.co.cu*

Se valoran algunas potencialidades del desarrollo de tecnologías que implican mejoras en los agroecosistemas ganaderos y, a su vez, generan servicios ambientales, mediante el uso y adaptación de prácticas agrícolas que consideran los árboles y arbustos como elementos indispensables para la producción animal. Se abordan diferentes definiciones de los sistemas silvopastoriles y de la función que pueden desempeñar en el incremento de la producción y la calidad de las pasturas, así como en la restauración de suelos degradados y en la mejora de los recursos hídricos. Se trata además, la importancia de estos sistemas en el secuestro de carbono y gases de efecto invernadero y en la conservación de la biodiversidad. Se realiza un análisis de la experiencia internacional acerca del pago de servicios ambientales, como incentivo para el uso de árboles y arbustos en la ganadería.

Palabras clave: secuestro de carbono, gases efecto invernadero, biodiversidad

### INTRODUCCIÓN

Los procesos naturales de nuestro planeta se alteran constantemente por la participación del hombre, quien se afana por alcanzar las nuevas metas que le imponen los modelos de desarrollo a nivel global. El efecto más adverso que se ha constatado (Boff 1999) se relaciona con la aplicación y adopción progresiva de métodos intensivos, focalizados exclusivamente en un objetivo productivo, sin tener en cuenta el sustento natural de los sistemas de producción.

Debido al uso irracional de estas tecnologías intensivas y a las políticas gubernamentales, los recursos naturales que son necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario en la mayoría de los países tropicales experimentan un deterioro acelerado, que pone en peligro la satisfacción de las necesidades más vitales de las generaciones futuras, con sus consiguientes riesgos para la estabilidad ecológica, social, política y económica de los países en vías de desarrollo.

Se señala que los sistemas de producción animal en el trópico se basan en el uso de gramíneas forrajeras en monocultivos. Estas se caracterizan por su relativamente bajo valor nutritivo y disponibilidad irregular (Ramírez *et al.* 2005), debido a la estacionalidad de las precipitaciones y a las temperaturas en estas regiones. La degradación de las pasturas y su baja sostenibilidad son algunos de los problemas más acuciantes de estos sistemas.

En América Latina y el Caribe, la ganadería vacuna es una de las principales aplicaciones de la tierra (FAO 2008). Una parte considerable de esta actividad se caracteriza por bajos niveles de productividad y

rentabilidad, así como por la generación de efectos ambientales negativos. Estudios recientes de la región indican (Harvey *et al.* 2008) incrementos muy significativos en las tasas de deforestación, acompañados de procesos de degradación de suelos, fragmentación de paisajes, pérdidas de biodiversidad y reducción del nivel de ingresos.

La responsabilidad ante esta realidad desfavorable se le atribuye, fundamentalmente, a la ganadería. Sin embargo, esta se puede desarrollar a partir del manejo que favorezca la incorporación de árboles y arbustos en las diferentes modalidades de sistemas silvopastoriles, como una práctica indispensable para la producción animal en el trópico. Diferentes autores señalan que en esta región el uso de estos sistemas constituye una opción viable para la producción animal (Alonso 2004, Palma 2005 y Casasola *et al.* 2009).

En esta reseña se valoran algunas de las potencialidades que se pueden obtener con el desarrollo de tecnologías que implican mejoras en los agroecosistemas y, a su vez, generan servicios ambientales, mediante el uso y adaptación de prácticas agrícolas que consideran los árboles y arbustos como elementos indispensable para la producción animal, ya que estos son capaces de incrementar la producción y calidad de las pasturas; además de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. También intervienen en el incremento de la biodiversidad de la flora y fauna, favorecen las fuentes de agua potable y mejoran las características físico-químicas y biológicas de los suelos.

### LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

Los sistemas silvopastoriles constituyen una la producción animal. El objetivo de estos sistemas es

Los sistemas silvopastoriles son también una opción para revertir los procesos de degradación de los pastizales (Nair *et al.* 2009), al aumentar la protección física del suelo y contribuir a la recuperación de la fertilidad con la intervención de leguminosas que fijan el nitrógeno al suelo y de árboles de raíces pivotantes que aprovechan las capas profundas y reciclan los nutrientes.

Ruiz *et al.* (2003) describieron el silvopastoreo como un sistema biológico-abiológico en desarrollo dinámico y constante. Su evolución comprende diferentes etapas, y se conoce por la evaluación de sus componentes, que

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

incluyen al suelo mismo en su estructura y composición, a animales, árboles, pasto base, flora, fauna aérea y del suelo, reciclaje de nutrientes, producción animal y sus derivados, factores abióticos, antrópicos, entre otros de carácter socio-económico.

En los sistemas silvopastoriles se desarrollan armónicamente árboles o arbustos, pastos y animales en interacción con el suelo. Constituyen, desde el punto de vista productivo, ecológico, económico y social, una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales.

**SISTEMAS SILVOPASTORILES Y GENERACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES**

No se puede esperar que una actividad productiva, que históricamente se ha realizado a partir de una base extractora, como son los monocultivos de pasto, pueda ofrecer beneficios ambientales comparables con la biodiversidad de los ecosistemas naturales del trópico. Sin embargo, como sistema de producción, la ganadería pudiera tener mayores potencialidades para realizar contribuciones al manejo de la naturaleza, si la comparamos con otros sistemas.

En América Latina existen sistemas de producción que demuestran la importancia de tener sistemas ganaderos tropicales compatibles con los conceptos del desarrollo sostenible (Ibrahim *et al.* 2006), que sean amigables con el manejo de la diversidad biológica. Los beneficios proporcionados por las prácticas agroforestales pueden ser espaciales y temporales

(tabla 1). El alcance global de algunos de ellos, como el secuestro de carbono y la biodiversidad, demuestra la necesidad imperiosa de introducir la agroforestería como herramienta fundamental para la producción animal en el trópico, a partir de la implantación y generalización de tecnologías adaptables al cambio climático.

En la actualidad, a nivel internacional, existen centros de investigaciones, gobiernos y entidades financieras que tienen como prioridad la evaluación y valorización de alternativas silvopastoriles en el trópico. Desde esta perspectiva, desarrollan los siguientes servicios ambientales: incremento de la producción y calidad de las pasturas, restauración de suelos degradados, mejoramiento de los recursos hídricos, secuestro de carbono y de gases con efecto invernadero y conservación de la biodiversidad (tabla 1).

Tabla 1. Escala espacial de varios servicios ambientales generados por sistemas agroforestales (adaptado de Shibu 2009)

Servicio ambiental	Productor/local	Paisaje/regional	Global
Producción primaria neta			
Control de plagas			
Polinización/dispersión de semilla			
Mejoramiento del suelo			
Estabilización de suelo/control de la erosión			
Calidad del agua			
Mejora del drenaje			
Purificación del aire			
Secuestro de carbono			
Biodiversidad			
Paisajístico/cultural			

**INCREMENTO DE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE LAS PASTURAS**

En los sistemas silvopastoriles, la producción total de biomasa es usualmente mayor que en los monocultivos. Sin embargo, las interacciones que se producen entre los componentes de estos sistemas durante la explotación pueden determinar su capacidad productiva. Esta varía

de biomasa de estos sistemas dependerá, entre otros factores, de las especies seleccionadas, de la densidad del componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado.

Un grupo de investigaciones (Primavesi y Primavesi

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

un elemento importante en el manejo de los pastizales, si se pretende lograr la estabilidad de sus componentes vegetales. Esta se refleja en la composición botánica y en otras expresiones biológicas, como el crecimiento y el rendimiento.

Este hecho se reitera al evaluar sistemas silvopastoriles con el uso de especies arbóreas diferentes y un sistema de monocultivo de gramíneas. En estas condiciones, Devendra e Ibrahim (2004) señalaron que los sistemas con árboles tienden a diferenciarse de los que poseen pasto sin asociar, con rendimientos más estables en el pasto asociado.

La composición botánica, al igual que en otros sistemas, es un indicador que influye en la productividad de los sistemas silvopastoriles. Su evolución en el tiempo puede estar relacionada con algunos principios de explotación del sistema, entre los que se pueden mencionar la adecuada selección de las especies, el control de la sombra mediante la poda y el manejo de la carga animal, de acuerdo con la disponibilidad del sistema. La aplicación de estos elementos, en la mayoría de los casos, trae consigo mayor persistencia, estabilidad y productividad de la gramínea asociada en el sistema.

Otro elemento que puede influir en la producción de biomasa se relaciona con la densidad y las especies de árboles con que se explota el sistema silvopastoril. Molina *et al.* (2001), al comparar densidades de *Leucaena leucocephala*, de 0, 6 000 y 10 000 plantas ha<sup>-1</sup>, encontraron que los mejores rendimientos se obtuvieron con la mayor densidad. En este caso, se alcanzó una producción en *Panicum maximum* vc Mombaza asociada a leucaena, de 37.2 t MS ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> que excedió en 30 % la de *Cynodon plectostachyus*, asociado con leucaena y prosopis.

En trabajos realizados por Acciaresi *et al.* (1994) para evaluar diferentes densidades arbóreas (625, 416, 312, 250 y 0 árboles ha<sup>-1</sup>) se informó que, en la producción forrajera, la penetración de la luz disminuye al aumentar la densidad de árboles. Así, la producción de forraje fue menor en el tratamiento donde hubo mayor cantidad de árboles. Estos autores concluyeron que la calidad y cantidad de la radiación solar fue, aparentemente, el factor limitante fundamental en el crecimiento del pasto.

En los sistemas silvopastoriles, el efecto de la sombra y de la asociación con leguminosas arbóreas muestra resultados variables en la literatura, en lo que respecta a la calidad del forraje. Samarakoon *et al.* (1990) señalan que la sombra causa un pequeño aumento en los porcentajes de digestibilidad de varias especies de gramíneas; Castro *et al.* (1999) refieren que los reduce,

y Norton *et al.* (1991) informan que no se produce alteración.

Investigaciones realizadas por Alonso *et al.* (2005), en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) de Cuba, señalan que durante la evolución del sistema silvopastoril leucaena-guinea hubo un marcado efecto en el porcentaje de MS de la gramínea en todos los años de siembra, independientemente del comportamiento estacional que presenta este indicador en las gramíneas tropicales (Herrera 2003).

En la medida que avanzó el tiempo de explotación del sistema silvopastoril, el porcentaje de MS del estrato herbáceo fue menor ( $P < 0.001$ ) y reflejó estabilidad estacional, en ambos períodos climáticos, con mayor tiempo de explotación del sistema. La disminución en el porcentaje de MS durante la evolución del sistema puede ser reflejo del aumento en el período vegetativo, y de una maduración más tardía del pasto bajo sombra (Carvalho *et al.* 2001).

Estos resultados evidencian las bondades de la integración de especies de gramíneas mejoradas con árboles leguminosos en sistemas silvopastoriles y demuestran que en el silvopastoreo leucaena-guinea el porcentaje de PB en la gramínea se incrementa con el tiempo de explotación del sistema. El aprovechamiento de la fijación biológica del nitrógeno atmosférico a través del árbol, y el aporte que realizan ambos componentes a la hojarasca, son algunas de las causas de este incremento, que puede obtenerse en otras asociaciones. Castro *et al.* (1999) señalaron que el efecto de la sombra aumenta la concentración de N y, consecuentemente, los tenores de PB del pasto.

Mahecha *et al.* (1999) plantearon que el contenido de proteína bruta de la gramínea (*C. plectostachyus*) en monocultivo es muy inferior al que se encontró cuando se asoció con leucaena o algarrobo (*Albizia lebbek*). Estos autores destacaron que la gramínea asociada alcanzó contenidos de proteína similares a cuando se fertilizó con 400 kg de N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Se ha informado además, que la fibra bruta disminuye en el pasto guinea, cuando se asocia en sistemas con árboles durante el período poco lluvioso (Fassbender 1993), y se relaciona directamente con el efecto de la sombra.

Diversos estudios que utilizan estos sistemas indican mejoras en la fertilidad del suelo, eficiente reciclaje de los nutrientes e incremento en la producción de biomasa del pasto base y total, con la consiguiente mejora de la calidad nutricional de la pastura asociada (Crespo 2008). Sin embargo, el efecto evolutivo del silvopastoreo en la composición bromatológica del pasto base es un aspecto poco abordado (Alonso 2004).

## RESTAURACIÓN DE SUELOS DEGRADADOS

En América Central, un alto porcentaje de las tierras

múltiple pueden desempeñar una función importante

sistemas de producción ganadera (Szott *et al.* 2000).

Estudios realizados en Panamá, en suelos ácidos (pH = 4.6), muestran que la integración de *Acacia mangium* en pasturas con *Brachiaria humidicola*, contribuyó al mejoramiento de la calidad del forraje de la gramínea y al aumento del contenido de fósforo y nitrógeno del suelo, cuando se comparó con el monocultivo de *B. humidicola* (Bolívar 1998). Durante la época lluviosa, la presencia de la fauna del suelo, en especial de las lombrices, fue más alta en suelos con 240 árboles ha<sup>-1</sup> de *A. mangium*.

De acuerdo con Velasco (1998), un sistema silvopastoril con *A. mangium* logró incrementar, significativamente, la materia orgánica en solo cinco años de pastoreo. La simbiosis de este árbol con los hongos micorrízicos puede determinar este proceso. Estos sistemas, en comparación con pastos puros de gramíneas, suelen conservar mejor la materia orgánica en los suelos, especialmente en los ácidos y en los que son pobres en nutrientes.

Las interacciones benéficas que se pudieran presentar con la presencia de los árboles y arbustos de leguminosas en los sistemas de pastoreo se traducen también en el aumento del reciclaje de nutrientes por el retorno al suelo de hojas, frutas, ramas, heces y orines, derivado fundamentalmente por el incremento de la

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

actividad biológica del suelo. Alonso (2004) señaló que la macrofauna del suelo, en un sistema silvopastoril leucaena-guinea, se estabilizó en el tiempo con predominio de anélidos que favorecieron la aeración del suelo y aceleraron la descomposición de la hojarasca.

Según Lok (2006), los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo y disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento. También pueden modificar su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos) e incrementar los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Betancourt *et al.* 2005).

Otros estudios señalan mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y mayor disponibilidad del pasto, cuando estos sistemas se encuentran asociados a especies arbóreas, debido a la mejora de la fertilidad del suelo y a las condiciones de sombra que se crean (Hernández y Sánchez 2006).

El efecto de los árboles en la fertilidad del suelo no solo se debe esperar en las capas superficiales, sino que puede ocurrir en las más profundas, a medida que aumenta el tiempo de explotación del sistema. Carvalho *et al.* (2003) señalaron este fenómeno, al estudiar un silvopastoreo de *Acacia mangium* y *Brachiaria decumbens*.

## MEJORAMIENTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Entre los resultados benéficos de los sistemas con árboles (Ríos *et al.* 2007) se halla el mejoramiento de las micro presas, al facilitar la infiltración del agua y la recarga de los acuíferos. Sin embargo, el servicio ambiental hídrico es el menos estudiado en la actividad ganadera (Beer *et al.* 2003).

Estudios de Nepstad *et al.* (2002) señalan que durante una severa temporada de seca en Brasil, la disponibilidad de agua, a una profundidad de 2 - 8 m, disminuyó de 380 mm en el bosque a 310 mm en la pastura degradada. La disminución en la disponibilidad de agua en el suelo de la pastura degradada significa que el ecosistema almacena menos precipitación con respecto al bosque, y existe menor filtración a los acuíferos o escorrentía sub-superficial a los arroyos en la época lluviosa. Al final de la seca, el bosque puede almacenar, adicionalmente, 770 mm de agua en los primeros 8 m del suelo, comparados con los 400 mm en la pastura. Esto significa que, en el paisaje con dominancia de pasturas, la escasez de agua puede convertirse en un punto crítico, especialmente en las regiones áridas o semiáridas.

Las fincas ganaderas con sistemas silvopastoriles de árboles dispersos en las pasturas, bancos forrajeros

y cercas vivas, contribuyen a disminuir el efecto de la contaminación de las aguas (Auquilla 2005), aumentan su capacidad de retención en las praderas, ayudan a la infiltración y protegen el suelo, los manantiales y las quebradas. Por ello, la planificación de las fincas ganaderas, en función de la protección de los recursos existentes, puede contribuir a regular y conservar los recursos hídricos mediante la arborización, la adopción de sistemas silvopastoriles y las prácticas de conservación de suelo.

Otros estudios, realizados por el proyecto GEF-Silvopastoril en Esparza, Costa Rica, demuestran que la escorrentía fue significativamente más alta en las pasturas degradadas (42 %), con respecto a los bancos forrajeros con leñosas perennes (3 %), bosques secundarios jóvenes (6 %) y pasturas con alta densidad de árboles (12 %). Esto significa que los usos de la tierra con alta cobertura arbórea, en las condiciones donde se realizó el estudio, son beneficiosos para la captura de agua. Cárdenas *et al.* (2007) refieren que la implementación de bosques riparios en fincas ganaderas, así como la protección de las fuentes de agua del ganado, conducen al mejoramiento de las condiciones biológicas y químicas del agua.

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

parte de las discusiones y trabajos científicos se orientan hacia la función de los bosques y cultivos forestales, Guimarães *et al.* (2010) llaman la atención en la función que desempeñan los sistemas de integración cultivo-ganadería-bosques en la generación de este servicio ambiental y sus ventajas en las sabanas nativas.

La alta tasa de deforestación que caracteriza los sistemas pecuarios en el trópico, no solamente tiene efectos locales, como la degradación de los suelos y la pérdida de su productividad, sino que también contribuye con una cuarta parte a las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases hacia la atmósfera. Este proceso causa cambios climáticos globales que favorecen la pérdida de la biodiversidad en los bosques naturales y el desequilibrio de otros ecosistemas terrestres.

Es lógico plantear la hipótesis de que los sistemas silvopastoriles, al combinar gramíneas mejoradas y estratos de raíces más profundas, puedan tener tasas de captación de carbono superiores (Ramírez 1997). Esto conduce a desarrollar mecanismos financieros para multiplicar los beneficios ambientales de la ganadería arborizada.

Los sistemas silvopastoriles son muy importantes en el secuestro de carbono en los suelos y en la biomasa leñosa (Beer *et al.* 2003). Según Nair *et al.* (2009), estos sistemas aportan dos beneficios principales para conservar carbono: contribuyen al almacenaje directo de C, a corto y mediano plazo (décadas hasta siglos) en los árboles y el suelo, y reducen indirectamente la emisión de los gases invernadero, causada por la deforestación y la agricultura migratoria. La cantidad de C fijado en estos sistemas se puede afectar por el tipo de especies de gramíneas y leñosas, la densidad y la distribución espacial de las leñosas y por la tolerancia de las especies herbáceas a la sombra (Shibu 2009).

Los sistemas silvopastoriles bien manejados pueden mejorar la productividad y, a su vez, secuestran carbono (Andrade e Ibrahim 2001), además de representar beneficio económico para los productores. El carbono total en los sistemas silvopastoriles varía entre 68– 204 t ha<sup>-1</sup>. Una gran parte se encuentra almacenada en el suelo, mientras que los incrementos anuales varían entre 1.8 a 5.2 t ha<sup>-1</sup>. Mediciones de reservorios de carbono en paisajes del trópico sub húmedo de Centro América han demostrado que el carbono total, almacenado (arriba y bajo el suelo) en bosques secundarios y en sistemas silvopastoriles, fue más alto que lo encontrado en pasturas degradadas (tabla 2).

El metano es otro gas considerado entre los más contribuyentes al efecto de invernadero, ya que su acción en el daño global es 23 veces mayor que el producido por el dióxido de carbono. La producción de metano (CH<sub>4</sub>) es consecuencia inevitable de la fermentación de los carbohidratos en el rumen (Agarwal *et al.* 2008). Esta se favorece cuando los animales se alimentan con forrajes de baja calidad, típicos de áreas tropicales. El interés por la metanogénesis se ha incrementado en los últimos años, no solamente por las pérdidas económicas que representa, como la energía de los alimentos que se pierde, sino también porque el CH<sub>4</sub> es un gas contaminante (Wood *et al.* 2009).

La introducción de los árboles y arbustos como modificadores de la fermentación ruminal, con el propósito de reducir la metanogénesis, es un enfoque nuevo y atractivo. Se ha identificado un número de plantas que contienen compuestos antiprotozoarios y propiedades antimetanogénicas. Las saponinas y taninos presentes en muchas de ellas disminuyen la producción de metano, reducen los conteos de protozoos del rumen y cambian los patrones de fermentación (Galindo 2004 y Wei Lian *et al.* 2005).

Tabla 2. Almacenamiento y fijación de carbono en pasturas y sistemas silvopastoriles explotados en diferentes regiones de Centro América (Adaptado de Muhammad *et al.* 2006)

Sistema (edad en años)	C en el suelo (t ha <sup>-1</sup> )	C sobre el nivel del suelo, (t ha <sup>-1</sup> )	Total de C (t ha <sup>-1</sup> )	Fijación de C (t ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )
Tierras bajas húmedas				
<i>Panicum maximum</i>	233.0±8		233.0	
<i>P. maximum-Cordia alliodora</i> (≤3)	177.0±8	2.3	179.0	
<i>P. maximum-Cordia alliodora</i> (3-7)	196.0±21	8.8	205.0	
<i>P. maximum-Cordia alliodora</i> (≥7)	175.0±23	26.8	202.0	
Tierras bajas húmedas, zona atlántica				
<i>Brachiaria brizantha-Acacia mangium</i>	87.0±18	8.90±0.03	96.0	2.2
<i>B. brizantha-Eucalyptus deglupta</i>	87.0±1	7.48±0.26	95.0	1.8
<i>Bachiaria brizantha</i>	66.0±16	2.04±0.16	68.0	
Tierras altas, cordillera volcánica				
<i>Pennisetum clandestinum</i>	185.0±32		185.0	
<i>P. clandestinum-Alnus acuminata</i>	187.0±46	1.1±0.6	188.0	
<i>P. clandestinum-Alnus acuminata</i>	196.0±25	4.2±1.7	200.0	

## CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Actualmente no existe información abundante que relacione la importancia de los sistemas silvopastoriles en la conservación de la biodiversidad. La conversión de bosques en pasturas amenaza la sobrevivencia de muchas especies. Sin embargo, el efecto en la biodiversidad de los bosques podría ser menor, si los productores mantuvieran especies forestales o rodales de árboles en las pasturas, ya que estos sirven como productores de semillas y como fuentes de hábitat y alimento para los animales (Kabir y Webb 2009).

El manejo y las condiciones medioambientales de los sistemas silvopastoriles ejercen una marcada influencia en la actividad y diversidad de los organismos del suelo. En estos sistemas, tienen gran importancia la disponibilidad de alimentos, la variabilidad en su composición, en términos de la riqueza florística, y los demás factores edáficos y culturales. Esto demuestra que en los ambientes con mayor complejidad biológica se pueden crear condiciones que favorecen el mejoramiento de las características del suelo, como resultado de la actividad de los organismos presentes en él.

Diversos autores han informado tendencias similares. Sadeghian *et al.* (1999) encontraron mayor actividad biológica en suelos de un bosque secundario, al compararlos con cultivos vecinos de caña de azúcar. La caña presentó valores más bajos, cuando se sometió a la quema antes de la cosecha.

La introducción de árboles en las pasturas puede crear condiciones favorables mediante el aporte de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes, el mejoramiento del contenido de humedad en el suelo y la disminución de la temperatura (Wilson 1996). Sin embargo, esto depende, entre otros aspectos, de la densidad, altura, arquitectura y fenología de la especie arbórea.

Algunas modalidades silvopastoriles, como los linderos, las cortinas rompevientos, las cercas vivas u otras plantaciones forestales, en línea a lo largo de las orillas de las pasturas, son sistemas diseñados por el hombre, y muchas veces modificados por la naturaleza. La conexión de estos sistemas en forma de corredor influye en el movimiento de los animales y en la dispersión de las plantas (Casasola *et al.* 2009). De esta forma, pueden tener funciones de biocorredores importantes en paisajes agrícolas, caracterizados por ecosistemas fragmentados que aumentan la biodiversidad.

Estudios realizados por Alonso *et al.* (2007) demostraron un aumento significativo en la riqueza de especie y el índice de diversidad biológica de Shannon, a medida que se desarrolló un sistema silvopastoril leucaena-guinea, en la macrofauna del suelo, las aves y los insectos asociados al sistema.

Este resultado se relacionó con la diferencia que se obtiene con los sistemas silvopastoriles en el número de estratos vegetales y con la presencia de un estrato medio de arbustos de leucaena, que conjuntamente con el tiempo de explotación del sistema, propiciaron un aumento de la productividad total del sistema, la diversidad vegetal y, por tanto, del número de especies asociadas. Sin embargo, los sistemas silvopastoriles con árboles dispersos parecen limitados para lograr este objetivo, debido a que el libre pastoreo de los animales elimina regularmente la regeneración natural, en especial en plantas que dependen de la acción del viento para su dispersión.

En la región de Monteverde, Costa Rica, 25 % de las 400 especies estimadas encontraron su hábitat adecuado en las cortinas rompevientos, ubicadas en pastos de *Cynodon nlemfuensis*, usados para la producción lechera. Las aves (89 especies diferentes) usaron las cortinas como hábitat y fueron los vectores más importantes para la diseminación de las semillas de estas especies, especialmente cuando la cortina estaba conectada con el bosque. Estos sistemas silvopastoriles son un apoyo potencial considerable para la conservación de especies forestales dentro de este paisaje agrícola (Harvey 2003).

Se puede considerar que los sistemas silvopastoriles pueden desempeñar una función importante en la implementación exitosa del corredor biológico mesoamericano, debido a que los pastos cubren un área mayor en esta región. Sin embargo, la información disponible acerca de su contribución a la conservación de la biodiversidad es escasa. Se refiere, sobre todo, a la regeneración de especies forestales y al movimiento de la fauna. Se espera que los corredores proporcionen camino, fuente y hábitat para las especies nativas y exóticas de la fauna (Lang *et al.* 2003). El inventario de las especies de plantas y fauna en los diferentes corredores de un paisaje son esenciales para su diseño y manejo exitoso.

## EL PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES COMO INCENTIVO PARA EL USO DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS EN LA GANADERÍA

Para revertir los procesos de degradación de pasturas y mejorar las condiciones productivas, agroecológicas y socioeconómicas de las diferentes formas de producción ganadera existentes en Cuba, se desarrolla la innovación

tecnológica para mejorar la productividad de las fincas y la generación de servicios ambientales. Sin embargo, la falta de financiamiento para el establecimiento de estas tecnologías, entre otros factores, constituye una barrera

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

Se conoce que los programas de pago de servicios ambientales en sistemas ganaderos se diseñan como un medio para detener o evitar la degradación de tierras dedicadas a esta actividad (Sepúlveda e Ibrahim. 2009). Además, en las fincas pueden constituir una nueva fuente de ingresos, a partir de cambios en el uso de la tierra, debidos al aumento de la productividad en su sistema de producción ganadera, razón que es propiamente técnica.

Entre los servicios ambientales que más intervienen en los programas de pago desarrollados en algunos

países centroamericanos se encuentran el secuestro de carbono, la restauración del suelo y la conservación de la biodiversidad.

Los resultados del proyecto “Enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistema”, implementado por el CATIE, CIPAV y el Instituto de Investigación y Desarrollo Nitlapan, en la Universidad Centroamericana de Nicaragua, demuestran que el pago de servicios ambientales provocó cambios importantes hacia los sistemas silvopastoriles, a costa de reducir las pasturas degradadas.

## CONSIDERACIONES GENERALES

La integración de diferentes componentes en un agroecosistema agrícola intensivo (Sistemas Silvopastoriles) se presenta como una alternativa sostenible, debido al aprovechamiento de las interacciones entre componentes agrícolas, pecuarios y arbóreos. Además de promover un mejor uso del suelo, reducir el uso de insumos externos por la utilización eficiente de productos orgánicos y propiciar el reciclaje continuo de nutrientes, como base para buscar la competitividad de los productos resultantes.

El pago de incentivos por la generación de servicios ambientales podría cambiar la perspectiva

hacia el uso y el manejo de las especies arbóreas en los sistemas ganaderos, debido a su efecto en la conservación de los agroecosistemas. Una estrategia ganadera basada, únicamente, en el incremento de la producción, sin preocupación por la preservación o incremento de los recursos naturales, podría enfrentar problemas graves de sostenibilidad a mediano plazo, y asimismo una dependencia cada vez más marcada de los insumos externos. Los sistemas de pago de servicios ambientales pueden contribuir a una producción ganadera más productiva, sostenible, diversificada y competitiva.

## REFERENCIAS

- Acciari, H., Ansín, O.E. & Marlats, R.M. 1994. Sistemas silvopastoriles: efecto de la densidad arbórea en la penetración solar y producción de forraje en rodales de álamo (*Populus deltoides* Marsh). Agroforestería en las Américas. 4: 6
- Agarwal, N., Kamra, D. N., Chatterjee, P. N., Kumar, R. & Chaudhary, L. C. 2008. *In vitro* methanogenesis, microbial profile and fermentation of green forages with buffalo rumen liquor as influenced by 2-bromoethanesulphonic Acid. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 21:818
- Alonso, J. 2004. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (*Leucaena leucocephala*) guinea (*Panicum maximum*). Tesis Dr. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 120 p.
- Alonso, J., Ruiz, T.E., Febles, G., Jordán, H. & Achan, G. 2005. Evolución de la producción de biomasa en los componentes de un sistema silvopastoril leucaena-guinea. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 39:367
- Alonso, J., Valenciaga, V., Sampaio, R. A. & Demolin, G.L. 2007. Zoological diversity associated to a silvopastoral system leucaena-guinea grass with different establishment times. Pesq. agropec. bras. vol.42 no.12 Brasília .
- Andrade, H. & Ibrahim, M. 2001. Tree-pasture interaction in silvopastoral systems: effect of trees on light transmission and forage productivity. International Symposium on Silvopastoral Systems. 2nd Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. Costa Rica. 170 pp.
- Anquilla, R. 2005. Uso del suelo y calidad del agua en países centroamericanos se encuentran el secuestro de carbono, la restauración del suelo y la conservación de la biodiversidad.
- Beer, J., Harvey, C., Ibrahim, M., Harmand, J.M., Somarraba, E. & Jiménez, F. 2003. Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. Agroforestería de las Américas. Vol. 10. No 37-38. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 80-87
- Betancourt, P., González, J., Figueroa, B. & González, F. 2005. Organic Matter and soil characterization during restoration processes with cover crop on temperate areas of México. Disponible: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/art139148.pdf>. Consultado: 1/4/05.
- Boff, L. 1999. Teología de la liberación enjuicia la globalización. Punto Final. No.450
- Bolívar, V.D. 1998. Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis M. Sc. Turrialba, Costa Rica. 97 pp.
- Cárdenas, A., Reyes, B., Ríos, N., Woo, A., Ramírez, E. & Muhammad, I. 2007. Impacto de los sistemas silvopastoriles en la calidad del agua de dos microcuencas ganaderas de Maniguas, Nicaragua. Encuentro Gestión Ambiental. Vol XXXIX. No. 77. UCA, Managua, Nicaragua. pp. 70-77
- Castro, C.R., García, R., Carvalho, M.M. & Couto, L. 1999. Producao forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. Revista Brasileira de Zootecnia. 28:919
- Carvalho, M.M., Xavier, D.F. & Alvim, M.J. 2001. Uso de leguminosas arbóreas na recuperação sustentabilidade de pastagens cultivadas. En: Sistemas Agroflorestais



## 45 Aniversario

114

- de Fora, Brasil. 189 pp.
- Carvalho, M.M., Xavier, D.F. & Alvim, M.J. 2003. Arboriçao melhora a fertilidade do solo em pastagens cultivadas. Comunicado técnico. Juiz de Fora. Embrapa Gado de Leite. 4 pp.
- Casasola, F., Ibrahim, M., Sepúlveda, C., Ríos, N. & Tobar, D. 2009. Implementación de sistemas silvopastoriles y pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: una herramienta para la adaptación al cambio climático en fincas ganaderas. En: Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. Eds. M. Ibrahim & C. Sepúlveda. Centro Agronómico Tropical (CATIE), Turrialba, Costa Rica. pp. 169-188
- Crespo, G. 2008. Importancia de los sistemas silvopastoriles para matener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Rev. Cubana Cienc. Agríc. 42:329
- Devendra, C. & Ibrahim, M. 2004. Silvopastoral systems as an strategic for diversification and productivity enhancement from Livestock in the tropics. En: The Importance of Silvopastoral Systems in Rural Livelihoods to Provide Ecosystem Services. Proc. of the Second International Symposium of Silvopastoral Systems. Eds. L. Manetteje, M. Ramirez, C. Ibrahim, N. Sandoval, N. Ojeda & J. Ku. Mérida, Yucatán, México. pp. 10-24
- FAO. 2008. Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos. Disponible: [http://www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/gan\\_cas.pdf](http://www.rlc.fao.org/es/ganaderia/pdf/gan_cas.pdf). Consultado Junio de 2009.
- Fassbender, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agrofotestales. Proyecto agroforestal CATIE/GTZ. Serie de materiales de enseñanza No. 29. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 491.
- Galindo, J. 2004. Efecto de metabolitos secundarios de especies vegetales arbóreas y arbustivas en la población microbiana ruminal de animales. Proyecto Optimización de la fermentación microbiana ruminal mediante el empleo de técnicas manipuladoras. Programa Biotecnología Agrícola. CITMA. La Habana, Cuba
- Guimarães, R.J., Leandro, R.M., Pulrolnik, K., Vilela, L. & Pereira, L.G.R. 2010. Integração lavoura-pecuária-floresta: Uma alternativa para produção animal sustentável. Em: Simpósio de Integração Lavoura-pecuária-Floresta: Alternativa para produção sustentável nos trópicos. Ed. Santos, L.D.T. Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. 49 pp.
- Giraldo, L. A. & Vélez, G. 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. Industrias Producción Agropecuaria. Azooidea, Medellín 1:27
- Harvey, C. 2003. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles. Curso Internacional sobre Ganadería y Medio Ambiente. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 21pp.
- Harvey, C.A., Guindon, C.F., Harber, W.A., Hamilton, D. & Murray, K.G. 2008. Importancia de los fragmentos de bosque, los árboles dispersos y las cortinas rompevientos para la biodiversidad local y regional de Monteverde, Costa Rica. En: Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Eds. C.A. Harvey & J.G. Sáenz. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBIO, San José, Costa Rica. 10 pp.
- Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011. composición química y la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Centro de Convenciones de Plaza América, Varadero, Cuba. (CD-ROM)
- Herrera, R.S. 2003. Principios básicos de fisiología, métodos de muestreo y la calidad de los pastos. En: Fisiología, establecimiento y producción de biomasa de pasto, forrajes y otras especies para la ganadería tropical. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Noria, México. 26 pp.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. & Rojas, P. 2006. Sistemas silvopastoriles como herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. (CD-ROM)
- Kabir, E.M. & Webb, E.L. 2009. Can homegardens conserve biodiversity in Bangladesh? Biotropica 40:95
- Lang, I., Gormley, L.H., Harvey, A. & Sinclair, F.L. 2003. Composición de la comunidad de aves en cercas vivas del Río Frío, Costa Rica. Rev. Agroforestería en Las Américas. 10:86
- Lok, S. 2006. Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación. Tesis Dr. La Habana, Cuba. 120 pp.
- Mahecha, L., Rosales, M., Molina, C.H. & Molina, E.J. 1999. Un sistema silvopastoral de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. Agroforestería para la producción animal en América Latina. pp. 407
- Mijail, A., Sotelo, M., Ramírez, F., Ramírez, I., López, A. & Siria, I. 2005. Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de matiguás y río blanco, dpto. de matagalpa, Nicaragua. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. I Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. (CD-ROM). La Habana, Cuba
- Nepstad, D.C., de Carvalho, C.R., Davidson, E.A., Jipp, P.H., Lefebvre, P.A., Negreiros, G.H., da Silva, E.D., Stone, T.A., Trumbore, S.E. & Vieira, S. 2002. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. Nature 372: 666
- Molina, C.H., Molina, E., Molina, J.P. & Navas, A. 2001. Advances in the implemetation of high tree density in silvopastoral systems. International Symposium on Silvopastoral Systems. 2nd Congrees on Agroforestry and Livestock Production in Latin América. Costa Rica. 299 pp.
- Nair, P.K.R., Kumar, B.M., Nair, V.D. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. J Plant Nut. Soil Sci. 172:10
- Norton, B.W., Wilson, J.R., Shelton, H.M. & Hill, K.D. 1991. The effect of shade on forage quality. En: Forages for plantation crops. Proc. ACIAR Workshop, 32nd. H.M. Shelton and W.W. Stür (ed.). Canberra, Australia. pp. 83-88.
- Palma, J.M. 2005. Evaluación de recursos arbóreos tropicales para la alimentación de ovinos. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. I Congreso Internacional de Producción Animal Tropical (CD-ROM). La Habana, Cuba
- Primavesi, A. & Primavesi, O. 2006. En Brasil, optimizando las interacciones entre el clima, el suelo, las pasturas y el

Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 45, Número 2, 2011.

- integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. Cali, Colombia. CIPAV. Memoria electrónica del Congreso. Sistemas sostenibles de producción agropecuaria.
- Ramírez, L., Sandoval, C., Ku Vera, J. & Estrada, J. 2005. Integración del componente arbóreo en los sistemas de producción animal tropical. Primer Simposio Internacional de Forrajes Tropicales en la Producción Animal. Eds. E. Velasco, R. Pinto y B. Martínez. p.111
- Ríos, N., Cárdenas, A., Andrade, H., Ibrahim, M., Jiménez, F., Sancho, E., Ramírez, B. Reyes & Woo, A. 2007. Escorrentía superficial e infiltración en sistemas ganaderos convencionales y silvopastoriles en el trópico subhúmedo de Nicaragua y Costa Rica. Agroforestería de las Américas. 45: 66
- Ruíz, T. E., Febles, G. & Alonso, J. 2003. Potencial para la producción de biomasa en sistemas con leguminosas perennes. II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes (CD-ROM). La Habana, Cuba
- Sadeghian, S., Rivera, J.M. & Gómez, M.E. 1999. Impacto de la ganadería sobre las características físicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Eds. M.D. Sánchez y M. Rosales. FAO, Roma. 123 pp.
- Samarakoon, S.P., Shelton, H.M. & Wilson, J.R. 1990. Voluntary feed intake by sheep and digestibility of shaded *Stenotaphrum secundatum* and *Pennisetum clandestinum* herbage. J. Agric. Sci. Cambridge. 114:143
- Sepulveda, C. & Ibrahim, M. 2009. Políticas y sistemas de incentivos para la adopción de buenas prácticas agrícolas. Ed. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Costa Rica. 297 pp.
- Shibu, J. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. Agroforest Systems 76:10
- Szott, L., Ibrahim, M. & Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in central América, CATIE, Costa Rica. 43 pp.
- Velasco, J.A. 1998. Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrízicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asociación con *Acacia mangium*. Tesis de Maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 45 pp.
- Wei-Lian Hu, Jian-Xin Liu, Jun-An Ye, Yue-Min Wu & Yan-Qiu Guo 2005. Effect of tea saponin on rumen fermentation *in vitro*. Animal Feed Sci. Tech. 120:333
- Wilson J R. 1996. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. Austr. J. Agric. Res. 47:1075
- Wood, T. A., Wallace, R. J., Rowe, A., Price, J., Yáñez-Ruiz, D. R., Murray, P. & Newbold, C.J. 2009. Encapsulated fumaric acid as a feed ingredient to decrease ruminal methane emissions. Animal Feed Sci. Tech. 152: 62

**Recibido: 10 de agosto de 2010**