

Capítulo XXVIII

Manejo y potencialidad de los sistemas silvopastoriles en la Ganadería Doble Propósito

**Luis Ramírez-Avilés
Haydee Delgado-Gómez**

La producción de alimentos inocuos en armonía con el medio ambiente es actualmente una preocupación mundial. En particular, la producción de rumiantes enfrenta grandes retos asociados con el uso de cultivos mono-específicos, la eliminación de especies arbóreas siguiendo el paradigma de mayor productividad, la pérdida de la fertilidad del suelo y la emisión de gases efecto invernadero. De igual manera, la producción animal con dependencia mínima de productos externos de la finca constituye otro reto de la ganadería en las regiones tropicales.

Los sistemas de producción de leche basados en el sistema doble propósito enfrentan hoy en día la necesidad de mejorar su productividad. En este sentido, los sistemas silvopastoriles constituyen una forma de producción que considera un enfoque integral de los componentes del sistema; las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas promueven un entorno más productivo y menos adverso con el ambiente.

Los sistemas silvopastoriles son considerados una valiosa opción tecnológica para los sistemas de producción ganadera. No obstante que sus orígenes se remontan hacia el siglo pasado; a pesar que el uso de los montes (vegetación secundaria constituida de árboles, arbustos y herbáceas) para la alimentación de rumiantes es una práctica muy antigua; en décadas recientes estos sistemas de producción han sido estudiados con mayor extensión para su incorporación a la producción animal, debido a que prometen niveles de producción aceptables o superiores a los sistemas tradicionales con base a pasturas en monocultivos, al mismo tiempo que se generan servicios ambientales, contribuyendo así a mitigar los efectos de las actividades antropogénicas. Se tienen actualmente sistemas que son aplicados exitosamente a escala comercial en diferentes regiones tropicales (e.g. Australia). A pesar que los estudios sobre estos sistemas han sido cuantiosos y muy diversos, su aplicación a escala comercial en el campo es extremadamente limitada, lo que se asocia con diversos factores que serán abordados en este Capítulo.

MANEJO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES (SSP)

El manejo de los Sistemas Silvopastoriles (SSP) es muy dinámico y complejo; está basado ecológicamente en el manejo de los recursos naturales que, a través de la integración de árboles y arbustos en tierras agrícolas y de pastizales, diversifica y sostiene la producción para aumentar los beneficios ambientales, económicos y sociales. En estos sistemas de producción, las especies forrajeras leñosas perennes (i.e. árboles y arbustos) son cultivadas en asociación con plantas herbáceas (e.g. pastizales, cultivos), dando lugar a interacciones ecológicas y económicas entre los componentes arbóreos y no arbóreos del sistema de producción (Krishnamurthy & Ávila, 1999).

El diseño, establecimiento y manejo de los SSP requiere un conocimiento profundo y amplio de las características intra e interespecífica de las especies forrajeras, interrelacionadas con los factores edafo-climáticos y su tolerancia al pastoreo. Asimismo, los SSP implican un conocimiento en cada zona ganadera, de los diferentes componentes herbáceos, leñosos y el manejo agronómico de las especies forrajeras; incluyendo todos los factores productivos del sistema de producción animal, especialmente el Sistema de Producción Ganadería Doble Propósito (GDP).

En el Sistema de Producción GDP se ha tratado de mejorar el bajo valor nutritivo de los pastos tropicales, mediante el mejoramiento genético de las especies forrajeras y uso de insumos externos de la finca, tales como la fertilización en las pasturas mejoradas y la suplementación en la dieta de los animales con fuente de energía y nitrógeno (N) proteico y no proteico; muchas de estas tecnologías podrían resultar anti-económicas en los sistemas ganaderos, específicamente en fincas pequeñas con una superficie menor de 100 has. Como consecuencia, el costo elevado de los insumos alimenticios y fertilizantes, la escasa disponibilidad de los mismos, la desertificación de las tierras agrícolas que origina un proceso gradual de pérdida de la productividad del suelo y la reducción de la cobertura vegetal, por efecto de las actividades humanas (sobrepastoreo, manejo inapropiado del período de descanso de los pastizales, maquinaria e implementos agrícolas y sistema de riego). Las condiciones climáticas adversas que aumentan el calentamiento global, las políticas gubernamentales, la situación económica-social a nivel mundial, nacional, regional y local convergen hacia un cambio de paradigma, que implica un nuevo Modelo de Producción Agropecuaria que genere un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos de cada zona ganadera.

PRODUCTOS DE LOS SSP

Las numerosas experiencias de productores campesinos y empresarios ganaderos han facilitado la creación de un nuevo modelo de productividad sostenible y sustentable, el cual aprovecha el potencial de los SSP de las diferentes regiones para obtener ventajas socio-económicas, como la diversificación de los productos generados en la finca (forrajes, frutos, madera, postes, leña, carbón, medicinas naturales, etc.) y la mejora de la productividad animal por la cantidad y calidad del forraje producido con alto valor nutritivo (proteína, vitaminas y minerales), específicamente en la época seca. Asimismo, son generadores de servicios ambientales, como la conservación de la biodiversidad vegetal y animal, la protección de las cuencas hidrográficas, el secuestro del carbono y la belleza escénica, entre otros. Los SSP constituyen una alternativa en la restauración, el manteni-

miento y la sostenibilidad de los recursos naturales en los paisajes ganaderos. De esta manera, se convierten en una opción para reducir la pobreza en el sector rural, ya que ofrecen oportunidades de empleo, los productos tienen un valor agregado y es posible su comercialización como productos orgánicos producidos en armonía con el medio ambiente (Beer *et al.*, 2003; Gobbi & Ibrahim, 2004).

ADOPCIÓN DE LOS SSP EN LA GANADERÍA DE DOBLE PROPÓSITO (GDP)

La leguminosa forrajera *Leucaena leucocephala* es la especie arbustiva más estudiada en los SSP como Banco Forrajero Mixto (BFM) y Sistema Silvopastoril Intensivo (SSPi) con densidades superiores a 30.000 plantas ha^{-1} asociada con gramíneas forrajeras mejoradas tales como *Panicum maximum* variedades Tanzania (CIAT 16031) y Mombaza (CIAT 6962), *Cynodon plectostachyus* (pasto estrella de África), *C. nlemfuensis*. Con este SSPi se logran altas producciones de biomasa, siendo ideal para el pastoreo rotacional, ya que *L. leucocephala* tiene una alta capacidad de rebrote después del ramoneo, fortaleza para responder a las podas severas, alta palatabilidad y fijación de N atmosférico que beneficia a las gramíneas. Con los SSPi es factible incrementos en la producción de leche de 7 436 hasta 18 486 L ha^{-1} año $^{-1}$ (Molina *et al.*, 2006). De igual manera, la carga animal se incrementa de 3,3 a 5,22 vacas ha^{-1} año $^{-1}$.

En Venezuela, la finca Judibana ubicada en El Vigía, Mérida, propiedad de la Universidad de Los Andes, se evaluó el efecto de las asociaciones gramíneas-leguminosas arbóreas en vacas de doble propósito, encontrando elevados niveles de producción de leche por hectárea. En sistema de monocultivos de gramíneas que soporta una carga animal de 1,42 UA ha^{-1} , la producción de leche por vaca fue de 7,32 L d^{-1} y 3 938 L ha^{-1} año $^{-1}$. Las leguminosas arbóreas indujeron un incremento moderado en la producción de leche por vaca y con relación a la alta producción de leche por ha, la cual se duplicó (8 472 – 7 317 L ha^{-1} año $^{-1}$); este efecto multiplicador es debido al incremento de la carga animal, 2,71 y 2,32 UA ha^{-1} , respectivamente en los SSP con las especies de *L. leucocephala* y *G. sepium* (Cuadro 1).

La producción de *L. leucocephala* fue de 17,5 t MS ha^{-1} año $^{-1}$; utilizando una frecuencia de corte de 12 semanas. La disponibilidad de forraje por rotación de pastoreo fue de 316,4 y 337,6 kg MS ha^{-1} respectivamente, para las especies arbóreas de *L. leucocephala* y *G. sepium*. La oferta forrajera promedio fue de 3 084,3 kg MS ha^{-1} por rotación de pastoreo cada 42 días y con un período de ocupación de 4 días.

Resultados similares reportaron las investigaciones realizadas en la Estación Experimental La Antonia, situada en San Felipe, Estado Yaracuy. En dicho estudio, se encontró el efecto beneficioso de las leguminosas en la producción de leche. La asociación de leguminosas arbóreas y arbustivas como *L. leucocephala* y *G. sepium* en pasturas incrementó la producción de leche por unidad de superficie y la ganancia de peso. Su uso en pastoreo permite sustituir parcial o totalmente el suplemento comercial (alimento concentrado, 18-20% PC), sin causar detrimento en la producción de leche, en las épocas de lluvias y secas.

Cuadro 1
Productividad de los SSP

País	Carga animal	Producción de leche		Fuente
	(vaca ha ⁻¹ año ⁻¹)	(L vaca ⁻¹ d ⁻¹)	(L ha ⁻¹ año ⁻¹)	
Venezuela	2,71 ¹	8,55	8 472	Dávila <i>et al.</i> (2005)
	2,32 ²	8,60	7 317	Chacón & Marchena (2008)
		9,00 ¹		
		8,76 ²		
Cuba	1 - 2 ³	11 - 13	5 000 - 8000	Milera (2006)
	1 - 2 ⁴	8.0 - 9.0	2 700 - 4 700	
Colombia	3,35 - 5,22	7,27 - 11,48	7 436 - 18 486	Molina (2006)

¹SSP asociación *L. leucocephala*; ²SSP asociación *G. sepium*; ³SSP con vacas de alto potencial; ⁴SSP con vacas de mediano potencial.

En Cuba, la tecnología de los SSP ha demostrado en fincas comerciales las potencialidades para elevar los índices productivos y reproductivos de la GDP con un potencial de producción entre 9-13 L leche vaca⁻¹ d⁻¹ y se han obtenido rendimientos lecheros desde 2 700 hasta 8 000 L ha⁻¹ año⁻¹ con una carga animal de 2 UA ha⁻¹ aproximadamente, sin uso de suplementos energéticos-proteicos.

Uno de los aspectos más estudiado ha sido el impacto de las leguminosas en la producción de leche para diferentes especies forrajeras, como *P maximum*, *C nlemfuen-sis*, *Paspalum notatum*, las cuales han presentado un incremento en el contenido de PC entre 1-3%, cuando está asociada a *L. leucocephala* en diferentes sistemas de producción.

Se demuestra que las respuestas en los sistemas de producción de Cuba tienen la misma tendencia y magnitud que las planteadas en otros países, para las diferentes condiciones del potencial genético, tipo de explotación, nivel de alimentación, etapa de lactancia, oferta y calidad de las gramíneas con similares resultados en el desarrollo de estudios en los sistemas de GDP. Los mejores resultados en la producción de leche se han logrado con la tecnología del Banco de Proteína (BFM) cuando el área del banco representa el 25-30% del área total de pastoreo, con acceso limitado de los animales y un tiempo de pastoreo entre 2-4 horas al día. La producción de leche fue de 9-10 L vaca⁻¹ d⁻¹, con una carga animal de 2,5 vacas ha⁻¹ y uso de fertilizantes 140 kg N ha⁻¹ año⁻¹ en la asociación *P. maximum* cv. Likoni-*L. leucocephala*; cuando se eliminó el uso de fertilizantes, la producción de leche diaria por vaca disminuyó a 6,7 litros.

Numerosas publicaciones reportan mejoras reproductivas como la tasa de parición 80%; intervalo de parto de 403 días como promedio y 69% de vacas en ordeño (Iglesia *et al.*, 2006). La producción de leche aumentó de 7 a 13 L vaca⁻¹ d⁻¹ manteniendo una carga animal entre 2-5 UA ha⁻¹ y registran ganancia de peso diaria entre 400-900 g carne por animal; ubicadas en zonas de vida, Bosque Seco Tropical y Bosque Húmedo Tropical, en los países Colombia, Cuba y Venezuela (Murgueitio *et al.*, 2006; Chacón & Macherna, 2008; Delgado & Ramírez, 2008).

En el Sistema de Producción GDP es necesario planificar la meta de producción para mantener una carga animal superior a 2 UA ha⁻¹ y, de esta manera, elevar la pro-

ducción de leche por vaca y por hectárea, para lo que se requiere aumentar los niveles de tecnología agrícola, tomando en cuenta que las fincas ganaderas ya han adoptado la tecnología de manejo de pastizales. Esta tecnología necesita la organización de los recursos productivos, pastizal y animal, mediante las divisiones de potreros con un tamaño óptimo de potrero, de acuerdo al tamaño del grupo animal que va a ser manejado con el sistema de pastoreo rotacional. Además, influye la organización y distribución de agua abundante y de calidad en los potreros mediante bebederos, la organización y construcción de los recursos productivos como las construcciones e instalaciones rurales de vaqueras, corrales, comederos.

Dentro de los niveles de tecnología agrícola para incrementar la productividad animal, se menciona: la organización de los recursos pastizal y animal incluyendo el manejo de pastizales en función de la fisiología de la planta, apropiado a las especies forrajeras, que constituye el Nivel de Tecnología I; al mejorar este sistema con la fertilización aplicando dosis moderada a alta, de acuerdo con el nivel de carga animal, nos encontramos con el Nivel de Tecnología II. Adicional a este sistema de producción, incluimos los procesos de conservación de forrajes (henificación y/o ensilaje), entonces estamos en el Nivel de Tecnología III. Cuando en este nivel de tecnología se utiliza la tecnología de sistema de riego en las especies forrajeras de mayor rendimiento y de porte alto para corte (*Pennisetum purpureum*) y cultivos; tales como, maíz, sorgo, follajes de frijol, yuca, plátano, etc., para la conservación de forraje, ya corresponde al Nivel de Tecnología IV con aumento de la carga animal entre 3 y 4 UA ha⁻¹ utilizando los excedentes de materia seca de los pastizales fertilizados y los forrajes producidos bajo condiciones de riego y suplementación alimenticia y mineral del ganado bovino.

La suplementación del ganado con alimento concentrado y/o raciones alimenticias elaborada en la finca ganadera o de procedencia externa con valor proteico alto entre 18-20% PC, se realiza independientemente del nivel de tecnología agrícola. Su uso es mayor en las fincas pequeñas y medianas, debido a la baja cobertura de los pastizales, 44% y 70%, respectivamente. La productividad animal se podría optimizar con el uso de los SSP y el propósito principal sería establecer un equilibrio proporcional entre los Sistemas de Producción GDP y los SSP. Las fincas pequeñas y medianas con una superficie menor de 200 ha, en especial, están en la necesidad de adoptar la tecnología de los SSP; la tendencia sería a corto, mediano y largo plazo incorporando árboles maderables dispersos en los potreros y leguminosas forrajeras nativas e introducidas.

La cantidad de PC de la dieta para el ganado podría sustituirse con el pastoreo de leguminosas arbóreas y arbustivas con un contenido entre 18-30% de PC; tales como *L. leucocephala*, *G. sepium*, *Albizia lebbeck*, *Erythrina sp.* Estas especies leñosas tienen la capacidad de fijar N atmosférico, mediante la simbiosis con la bacteria específica (e.g. *Rhizobium sp.*). De esta manera, mejoran la fertilidad del suelo, las propiedades físicas y química del suelo, aumenta el contenido de materia orgánica y el reciclaje de los nutrientes del suelo en el sistema de producción. Además, mejoran el microclima para el bienestar animal mediante la sombra de los árboles dispersos en el potrero y arbustos forrajeros (Delgado & Ramírez, 2008).

ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA

Las especies arbóreas representan un gran potencial para ser introducidas en los sistemas de producción animal. Una de las especies más ampliamente utilizada y estudiada es *L. leucocephala*, de la cual se han obtenido híbridos y variedades que permiten expandir su potencial en diferentes ambientes. Al introducir nuevas especies en un ecosistema es necesario: 1. Evaluar la producción de semilla y su longevidad; 2. Revisar la susceptibilidad de la planta a la defoliación (pastoreo o corte); 3. Evaluar las características edafo-climáticas apropiadas y, 4. Evaluar la población de insectos asociada, así como los métodos de control de plagas.

SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS SSP

Captura de carbono

El secuestro de carbono (C) consiste en la extracción y almacenamiento de carbono atmosférico en sumideros de carbono (e.g. los océanos, la vegetación, o los suelos) a través de procesos físicos o biológicos (Ibrahim *et al.*, 2007a). En los SSP la incorporación de árboles y arbustos puede incrementar considerablemente el secuestro de este elemento, comparado con otros sistemas como las pasturas en monocultivo.

En el Cuadro 2 se pueden apreciar algunas modalidades silvopastoriles como los árboles dispersos en potreros que poseen un potencial de captura de carbono que va de 1,6 a 74,0 t ha⁻¹ en la biomasa y de 68,5-121,7 t C ha⁻¹ en los suelos. En bancos de forraje, se han reportado cantidades entre 14,9 a 21,8 t C ha⁻¹ en la biomasa y de 90 a 131,0 t C ha⁻¹ en el suelo. Para el caso de las cercas vivas se ha reportado que, la biomasa y el suelo pueden capturar hasta 130,7 t C ha⁻¹. Otro sistema silvopastoril altamente utilizado es el llamado cultivos en callejones, donde los pastos tropicales son asociados con diferentes especies leñosas tolerantes a las podas (e.g. *G. sepium* y *L. leucocephala*) sembradas en hileras ya sean bajas, medianas o de altas densidades. Se ha observado que con esta modalidad se podría capturar de 0,3 a 0,7 t C ha⁻¹ y de 12,5 a 63,3 t C ha⁻¹, en la biomasa y en el suelo, respectivamente. No obstante, en todos los casos los valores de captura generalmente dependen fuertemente de las especies utilizadas y de la edad del sistema, así como de las condiciones edafo-climáticas de cada zona (Ibrahim *et al.*, 2007b; Amézquita *et al.*, 2008). En una revisión reciente, Nair *et al.* (2009) demostraron que el secuestro de carbono de la biomasa aérea y subterránea en sistemas agroforestales (SAF) varió de 0,29 t ha⁻¹ año⁻¹ en un banco de forraje en África occidental a 15,2 t ha⁻¹ año⁻¹ en parcelas mixtas en Puerto Rico. También, estimaciones de C en el suelo sugieren que estos sistemas capturan en un rango de 1,25 t ha⁻¹ en cultivos en callejones del sur de Canadá a 173,0 t ha⁻¹ en un sistema silvopastoril de la costa atlántica de Costa Rica. Estos autores concluyen que los SSP en zonas áridas, semiáridas y los sitios degradados tenían potenciales de secuestro de carbono inferiores que los observados en sitios húmedos fértiles, mientras que los SSP en zonas templadas poseían tasas relativamente menores en comparación con los SSP tropicales (Nair *et al.*, 2009).

Cuadro 2
Potencial de captura de carbono en algunos SSP

Arboles dispersos en potreros	Ubicación	Años	Biomasa (t ha ⁻¹)	Suelo (t ha ⁻¹)	Fuente
	Costa Rica	3	7,5-8,9	86,6-87,3	Ávila <i>et al.</i> (2001)
	Perú	—	33,4	86,4	Callo-Concha <i>et al.</i> (2002)
	México	>15	74,0	68,5	Soto-Pinto <i>et al.</i> (2010)
	Costa Rica	2-12	1,6	117,5	Ibrahim <i>et al.</i> (2007a)
	Costa Rica	2-30	7,1	121,7	
	Nicaragua	10-14	9,0	106,3	
	Nicaragua	1-3	11,9	91,2	
Banco de Forraje	México	5	14,9-21,8	—	Casanova <i>et al.</i> (2010)
	Colombia	15	17,0	131,0	Amézquita <i>et al.</i> (2008)
	Colombia	14	18,0	90,0	
Cerca viva	México	>15	70,1	60,6	Soto-Pinto <i>et al.</i> (2010)
Cultivos en callejones	Venezuela	2,5	0,3	13,2	Arias <i>et al.</i> (2001)
	Venezuela	2	0,7	12,5	
	Colombia	1-2	—	63,3	Ibrahim <i>et al.</i> (2007a)

Por su parte, Ibrahim *et al.* (2005) expresaron que el almacenamiento de carbono puede variar entre 20 y 204 t ha⁻¹, estando la mayoría de este carbono almacenado en los suelos (>70%), pudiendo incluso tener incrementos de C anual que pueden variar entre 1,8 y 5,2 t ha⁻¹. En ciertos casos, el depósito por encima del suelo de los SSP está cerca de aquellos reportados para bosques secundarios. Además, es muy importante conocer que el depósito de carbono en el suelo aumenta cuando se implementan los SSP (Nair, 2004).

Retos actuales

La baja adopción de los sistemas silvopastoriles es uno de los grandes retos. Una de las causas es la inversión necesaria durante la fase de establecimiento, ya en esta se requiere la adquisición de alimentación adicional que cubra las necesidades de los animales durante el tiempo en que se establece el sistema (Ibrahim *et al.*, 2004). De igual manera, las prácticas tradicionales de control de las arvenses no deseadas podrían estar limitando el desarrollo de algunas especies arbóreas. En este sentido, Dagdad & Nair (2003) han propuesto los siguientes factores que deben considerarse para mejorar los índices de adopción: 1) los objetivos del productor y el acceso a los recursos; 2) la reducción de la mano de obra; 3) la identificación y el manejo de las especies que ofrezcan múltiples productos (conocimiento local); 4) el uso de cultivos acompañantes durante el establecimiento de los árboles; 5) la selección de los sistemas silvopastoriles en dependencia del grado de degradación de las pasturas; y, 6) el productor debe asumir que el problema principal no es la baja productividad de los pastizales, sino la consecuencia de un manejo ineficiente de los recursos.

Ibrahim *et al.* (2004) reportan que en Centroamérica y en otros países se han identificado barreras que dificultan su adopción, como el alto costo de establecimiento, la falta de abundantes modelos exitosos en fincas para reducir el temor a una nueva tecnología, el bajo conocimiento de la tecnología por parte de los productores y la falta de políticas de los gobiernos locales que estimulen sistemas de producción sostenibles en fincas ganaderas. En el momento actual, en algunas regiones tropicales de México (e.g. tierra caliente de Michoacán) se han desarrollado modelos exitosos de ganadería de doble propósito basada en el uso de los sistemas silvopastoriles intensivos, en los cuales se integran herbáceas rastreras y erectas, arbustivas, principalmente *L. leucocephala* en alta densidad (i.e. más de 50 mil plantas por ha), y en especies forestales (ya sean nativas o introducidas) o frutales. Estos modelos se han integrado en redes de valor que permiten un intercambio eficiente de experiencias, y son coordinadas por personal técnico habilitado en dichos sistemas, lo que permite darle un seguimiento al desarrollo del sistema.

Otras estrategias han sido sugeridas para estimular la adopción de sistemas silvopastoriles y otros usos de la tierra para la conservación en fincas ganaderas, entre ellas, el pago de servicios ambientales, créditos verdes y mercados justos (Ibrahim *et al.*, 2004).

CONCLUSIONES

En la actualidad el sistema de producción GDP basado en monocultivos de gramineas posee un potencial para producir alta cantidad de materia seca por superficie, sin embargo, no ha expresado su efecto multiplicador con el aumento de la carga animal superior a 2 UA ha⁻¹ en las diferentes zonas ganaderas. Este potencial de producción (2-5 UA ha⁻¹) debe ser agotado a corto, mediano y largo plazo adoptando los niveles de tecnología II, III y IV, tomando en cuenta las características intra e interespecíficas de las pasturas y las condiciones edafo-climáticas de las zonas, utilizando además un manejo fisiológico de las especies forrajeras, que no comprometa su persistencia.

La adopción de la tecnología de los sistemas SSP es de mayor necesidad en las fincas ganaderas pequeñas y medianas. La adopción de nuevas tecnologías implica procesos complejos y lentos en el tiempo. La decisión de adoptar un nuevo sistema agroforestal o de pasturas mejoradas con árboles y arbustos involucra una inversión que requiere el conocimiento, el convencimiento y la aceptación por parte de los productores y un capital de magnitud considerable. Ello será imprescindible; tanto para el establecimiento de los nuevos sistemas, como para el crecimiento del inventario ganadero y la genética de los animales, ya que estas tecnologías bien manejadas incrementan sustancialmente la biomasa y en consecuencia, la producción animal.

La cantidad de PC de la dieta para el ganado podría sustituirse con el pastoreo de leguminosas arbóreas y arbustivas. Sin embargo, a corto plazo, la tendencia está basada en una menor dependencia de los insumos agrícolas, tales como los fertilizantes químicos y del uso de alimentos concentrados en gran escala.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amézquita MC, Amézquita E, Casasola F, Ramírez BL, Giraldo H, Gómez ME, Llanderal T, Velázquez J, Ibrahim MA. 2008. C stocks and sequestration. In: Carbon Sequestration in Tropical Grassland Ecosystems. L t' Mannetje, MC Amézquita, P Buurman, MA Ibrahim (Eds). Wageningen. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands: 49 - 67.
- Arias K, Ruiz C, Milla M, Fabio H, Escobar A. 2001. Almacenamiento de carbono por *Gliricidia sepium* en sistemas agroforestales en Yaracuy, Venezuela. *Livest Res Rural Develop* (13): 5.
- Ávila G, Jiménez F, Beer J, Gómez M, Ibrahim M. 2001. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 8 (30): 32.
- Beer J, Harvey C, Ibrahim M, Harmand J, Somarriba E, Jimenez F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10 (37-38): 80.
- Callo-Concha D, Krishnamurthy L, Alegre J. 2002. Secuestro de Carbono por Sistemas Agroforestales Amazónicos. *Revista Chapingo: Ciencias Forestales y Medio Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo*, 8(2): 101-106.
- Casanova LF, Caamal MJ, Petit AJ, Solorio SF, Castillo CJ. 2010. Acumulación de carbono en la biomasa de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* asociadas y en monocultivo. *Rev Forest Venez* 54(1): 45-50.
- Chacón E, Marchena H. 2008. Tecnologías Alimentarias apropiadas para la producción con bovinos a pastoreo. En: *Desarrollo Sostenible de la Ganadería Doble Propósito*. C González-Stagnaro, N Madrid Bury, E Soto Belloso (Eds.). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela. XVII: 435 - 453.
- Dávila C, Urbano D, Moreno P. 2005. Producción de leche según el tipo de leguminosa arbórea asociada y el nivel de concentrado, en el trópico húmedo. *BIOTAM. Nueva Serie. Edición Especial I*: 677-680.
- Delgado H, Ramírez L. 2008. Árboles y arbustos forrajeros como alternativa alimenticia para la ganadería bovina y su impacto sobre la productividad animal. En, *Desarrollo Sostenible de la Ganadería Doble Propósito*. C González-Stagnaro, N Madrid Bury, E Soto Belloso (Eds.). Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data, S.A. Maracaibo-Venezuela. XVII: 385 - 397.
- Gobbi J, Ibrahim M. 2004. Creating win-win situations: The strategy of paying for environmental services to promote adoption of silvopastoral systems. *Mem Segundo Simp Intern Sist Silvop* 98 - 101. Mérida, México. Febrero 2004.
- Ibrahim M, Chacón M, Cuartas C, Naranjo J, Ponce G, Vega P, Casasola F, Rojas J. 2007a. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45: 27-36.
- Ibrahim M, Villanueva C, Casasola F, Rojas J. 2007b. Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos. *Pastos y Forrajes* 29 (2): 383 - 418.
- Ibrahim M, Villanueva C, Mora J. 2005. Traditional and improved silvopastoral systems and their importance in sustainability of livestock farms. En: *Silvopastoralism and sustainable land management*. MR Mosquera, A Riguero, J Mc Adam (Eds). CAB. Wallingford, UK: 13.

Iglesia JM, Simón L, Lamela L, Hernández D, Hernández I, Milera M, Castillo E, Sánchez T. 2006. Sistemas Agroforestales en Cuba: algunos aspectos de la producción animal. *Pastos y Forrajes* 29 (3): 217-235.

Krishnamurthy L, Ávila M. 1999. Agroforestería Básica. Serie Textos Básicos para la formación Ambiental N° 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Oficina Regional para América Latina y el Caribe; Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe: 3-220.

Milera M. 2006. Sistemas de producción de leche a partir de recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. *Pastos y Forrajes* 29 (2): 109.

Molina CH, Molina CH, Molina EJ. 2006. La reserva Natural "El Hatico". Ganadería competitiva y sostenible basada en el silvopastoreo intensivo. *Carta Fedegan*: 95-74.

Murgueitio E, Cuellar P, Ibrahim M, Gobbi J, Cuartas CA, Naranjos JF, Zapata A, Mejías CE, Zuluaga AF, Casasola F. 2006. Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios. *Pastos y Forrajes* 29 (4): 365-381.

Nair PKR, Kumar BM, Nair VD. (2009) Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *J Plant Nutr Soil Sci* 172: 10-23.

Nair VD, Graetz DA. 2004. Agroforestry as an approach to minimizing nutrient loss from heavily fertilized soils: the Florida experience. *Agroforestry Systems* 61: 269-279.

Soto-Pinto L, Anzueto M, Mendoza J, Jiménez-Ferrer G, De Jong B. 2010. Carbon sequestration through agroforestry in indigenous communities of Chiapas, Mexico. *Agroforestry Systems* 78 (1): 39-51.