

Capítulo XXXII

Árboles y arbustos forrajeros como alternativa alimenticia para la ganadería bovina y su impacto sobre la productividad animal

Haydee Delgado, Dra
Luis Ramírez, PhD

INTRODUCCIÓN

En el Trópico latinoamericano, la alimentación de la ganadería bovina está basada en el pastoreo de monocultivos de gramíneas; la producción de la pastura durante el año es irregular en cantidad y calidad debido a los factores climáticos, edáficos, manejo y las características de cada especie. Se presentan limitaciones nutricionales, a consecuencia de la baja digestibilidad y las deficiencias de nutrimentos que tienen los pastos tropicales, lo cual impide elevar la productividad animal.

En los sistemas de ganadería bovina se ha tratado de mejorar el bajo valor nutritivo de los pastos y forrajes, mediante el mejoramiento genético de las especies forrajeras y uso de insumos externos de la finca, como fertilizantes en las pasturas mejoradas y suplementación en la dieta de los animales con fuente de energía y nitrógeno proteico y no proteico, muchas de estas tecnologías podrían no resultar económica en los sistemas ganaderos.

Adicionalmente, en Latinoamérica es evidente la fragmentación del paisaje, al observar un gran porcentaje de diversidad biológica y bosques tropicales complejos en los que han sido transformados sus patrones de uso de la tierra en pasturas mejoradas para desarrollar sistemas intensivos de ganadería de leche y carne; áreas son destinadas a la explotación de cultivos. La deforestación aumenta a ritmo acelerado, con serias consecuencias ambientales, incrementando la desertificación de las tierras agrícolas que implica un proceso gradual de pérdida de la productividad del suelo y reducción de la cobertura vegetal por efecto de las actividades humanas y condiciones climáticas adversas que aumenta el calentamiento global (Febles y Ruiz, 2005).

Entre las principales causas del problema se encuentran el mal manejo de los pastizales, con utilización de alta carga animal en condiciones de sobrepastoreo, pe-

ríodos de descanso de la pastura inadecuados que compromete la persistencia del pastizal, sobreexplotación de los cultivos agrícolas y prácticas de regadío deficientes; en conjunto con variaciones climáticas, como sequías prolongadas, inundaciones e incendios con importantes implicaciones en la economía, sociedad y medio ambiente.

UN NUEVO MODELO DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Las tendencias actuales de la producción agropecuaria hacen énfasis en los modelos que tengan un desarrollo armónico entre los aspectos sociales, ambientales y económicos. Se requiere diseñar y multiplicar sistemas productivos con capacidad de incrementar el ingreso neto, mejorar el nivel alimenticio familiar a escala del pequeño campesino y generar nuevas fuentes de trabajo rural, al mismo tiempo que se protejan y mejoren los recursos naturales.

En América Latina, en los últimos años se está acumulando una creciente fuente de conocimientos y técnicas sobre las modalidades de los Sistemas Agroforestales Pecuarios (SAFP), entre los cuales se incluye los Sistemas Silvopastoriles (SSP). Este es clasificado de acuerdo a los aspectos estructurales y funcionales en cercas vivas, pasturas asociadas con árboles, bancos de proteínas e integración de animales con producción de madera.

Agroforestería es un nombre colectivo para los sistemas de uso de la tierra, en los cuales especies leñosas perennes (e.g. árboles y arbustos) son cultivadas en asociación con plantas herbáceas (cultivos, pasturas), dando lugar a interacciones ecológicas y económicas entre los componentes arbóreos y no arbóreos del sistema (Young, 1989). El Consejo Internacional para la Investigación de la Agroforestería (ICRAF) define la Agroforestería como un sistema dinámico, basado ecológicamente, en el manejo de los recursos naturales que, a través de la integración de árboles en las tierras agrícolas y de pastizales, diversifica y sostiene la producción para aumentar los beneficios ambientales, económicos y sociales de los usuarios de la tierra en todos los niveles (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Las numerosas experiencias de productores campesinos y empresarios ganaderos han facilitado la construcción de un nuevo modelo de productividad sostenible, que aproveche el potencial de los SSP de las diferentes regiones para obtener ventajas socioeconómicas, como la diversificación de los productos generados en la finca (madera, postes, leña y frutos), mejora de la productividad animal y por proveer alimento de alto valor nutritivo, especialmente durante la época de secas.

Además, 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. Los SSP constituyen una alternativa en la restauración, el mantenimiento y la sostenibilidad de los recursos naturales en los paisajes ganaderos. Asimismo, 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 se pueden mercadear como productos orgánicos producido en armonía con el medio ambiente (Beer *et al.*, 2003; Ruiz *et al.*, 2004).

Interacciones ecológicas en Agroforestería

En términos ecológicos, un sistema de cultivo es una comunidad formada por un complejo de interacciones entre cultivos, malezas, insectos y microorganismos. Las interacciones organismo – organismo pueden ser definidas como interferencia, en las cuales un organismo tiene algún tipo de impacto sobre su ambiente y a través de ese impacto otro organismo es afectado (Gliessman, 1997). Las interacciones entre especies son reguladas a través del ambiente mediante el principio de respuesta y efecto, el cual establece que la planta y su ambiente se modifican el uno al otro. Cuando los árboles son incorporados en las pasturas, ocurren interferencias que pueden tener efectos benéfico, neutral o detrimental.

El árbol puede afectar el ambiente en forma negativa con respecto a la gramínea, o también de manera positiva. Así, una especie arbórea puede causar un incremento, una disminución o no tener efecto en el desarrollo de la especie del estrato herbáceo. Existen dos tipos de interferencias, la interferencia de remoción, en la cual el impacto ambiental consiste de la remoción de algunos recursos de crecimiento como luz, agua y nutrimentos, por uno o ambos organismos que interactúan, y otra interferencia que resulta de la adición de sustancias o estructuras al ambiente de uno o ambos organismos. La magnitud de las interferencias entre las especies forrajeras leñosas perennes y las pasturas, así como entre individuos dentro de cada una de estas categorías, esta en función de la disponibilidad de los recursos de crecimiento tales como radiación solar, agua y nutrimentos, los requerimientos específicos de las especies, las características morfológicas de los componentes, el arreglo espacial, la densidad de plantas y el manejo de las especies forrajeras (Begon *et al.*, 1986; Updhyay *et al.*, 1990).

En los SSP, la pastura y los árboles compiten en diferentes estratos arriba y debajo del suelo por los recursos de crecimiento como radiación solar, agua y nutrimentos. Muy pocos estudios se han realizados en el trópico en esta área prioritaria de investigación, lo cual es muy importante para generar el conocimiento agronómico que permitirá determinar el diseño, establecimiento y manejo de las especies forrajeras.

Evaluación de los sistemas silvopastoriles (SSP)

La evaluación de los SAFP en Latinoamérica se inició hace tres décadas, aún no se ha logrado la adopción y difusión esperada en las diferentes regiones agroecológicas, a pesar de los múltiples bienes y servicios ambientales que ofrecen. Algunas de las causas principales que han limitado el desarrollo de las tecnologías de los SSP es la falta de educación agroforestal en las instituciones de educación superior, insuficiente grado de extensión agrícola y adopción a los productores, escasez de germoplasma en la mayoría de los árboles y arbustos que se utilizan en investigación y a nivel comercial, falta de mano de obra calificada, problemas de plagas y enfermedades, financiamiento para las inversiones, la tradición y creencia de los productores (Clavero y Suárez, 2006).

La evaluación de los SSP necesita de un enfoque integral, sistémico, sostenible y multidisciplinario, debido al conjunto de factores productivos involucrados, que no se pueden analizar de forma aislada y la relación suelo-planta-animal-clima-hombre que es muy compleja y variada. Las potencialidades que de ellos se puede esperar de-

penden del clima, el suelo, la especie botánica, el uso de insumos, el manejo y el tipo de animal utilizado, entre otros factores.

Importancia de las leñosas en los Sistemas de Agroforestería

Las especies leñosas en los SAFP cumplen diferentes funciones: a) Producción de follaje ricos en proteína, minerales y vitaminas para la alimentación animal; b) Muchas de las leñosas (e.g. leguminosas) son capaces de fijar nitrógeno (N_2) atmosférico, por lo que la introducción de árboles fijadores de N en pasturas representa una alternativa para sostener altos niveles de producción de las gramíneas, debido a que en estos sistemas, una alta cantidad de N fijada por la leguminosa es transferida a la gramínea; c) Varias de las especies leñosas poseen sistemas de raíces profundas que le permiten absorber nutrimentos de perfiles del suelo, generalmente no explorados por las especies herbáceas; además, les da una mayor habilidad para tolerar la sequía; d) Son buenos acumuladores de CO_2 (i. e. secuestro de carbono) y constituyen una fuente renovable de energía; e) Proveen de sombra, creando un microclima bajo el dosel de los árboles y arbustos. En el trópico, las altas temperaturas afectan el comportamiento productivo de los animales en particular el de las razas europeas. Los resultados muestran que animales pastoreando bajo sombra aumentan su productividad debido a mayor consumo, mayor eficiencia de utilización del alimento y menor estrés calórico; f) Se pueden utilizar para diversos propósitos, tales como producción de frutos, leña, carbón, madera, cercas, cortinas rompevientos, soporte o guía de cultivos trepadoras sembrados en asociación con pastizales y cultivos, y pueden ser estéticamente agradables y valiosos para la vida silvestre; g) Protegen al suelo contra la erosión.

La introducción de leñosas perennes, como barreras vivas en potreros, puede contribuir a reducir la escorrentía del agua y, por lo tanto, reducir la pérdida de suelo y nutrimentos por erosión. Las pasturas de crecimiento rastrero o decumbente, cuando son bien manejadas hacen una cobertura del suelo, previniendo pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica. Ésta ha sido una de las razones por las cuales se han incorporado las pasturas como cultivos de cobertura en diversos sistemas de plantación que involucran leñosas perennes.

En sistemas ganaderos, los problemas de erosión, escorrentía y lavado de nutrientes, regularmente están asociados con praderas degradadas, de pobre cobertura con amplios espacios de suelo desnudo y poco productivas. Los problemas son más críticos en áreas con pendientes, en suelos compactados con limitada capacidad de infiltración, y en aquellos con pobre estabilidad estructural.

En un sistema de Agroforestería con pasturas, las leñosas también pueden contribuir a contrarrestar la erosión. De hecho, uno de los propósitos de la incorporación de leñosas en cortinas cortavientos es justamente el aliviar o prevenir problemas de erosión eólica. En otros sistemas, donde los árboles están dispersos en las áreas de pastoreo, pueden hacer una contribución más efectiva en aminorar los problemas de la erosión hídrica. La mayor contribución de las leñosas en el control de la erosión hídrica es principalmente, a través del incremento en el contenido de M. O. del suelo. Esto se da por medio del mantillo de hojas y ramas que caen sobre la superficie del suelo y previenen el impacto directo de la lluvia sobre el suelo. Además, por acción de la mesofauna, la materia orgánica es incorporada paulatinamente al suelo, contribu-

yendo a mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, como la capacidad de infiltración del agua, aireación, densidad aparente, retención de agua y nutrimentos y la fertilidad del suelo (Nair *et al.*, 1995).

Especies Arbóreas de uso forrajero

En el Cuadro 1 se presenta la identificación botánica de 15 especies arbóreas considerada por los productores de mayor uso forrajero en el sur de México. Destacan por su presencia, la familia *Fabaceae*, antes *Leguminosae* (*Mimosoideae*, *Caesalpinioideae* y *Faboideae*) que representan un 79% del total de las familias. Las restantes pertenecen a las familias *Esterculiaceae*, *Moraceae* y *Rubiaceae* con un 7% respectivamente cada familia. El total de las especies identificadas por los productores son nativas (Pinto *et al.*, 2005).

Cuadro 1
Identificación botánica de las especies arbóreas de mayor uso forrajero en dos regiones del sur de México

Nombre Científico	Nombre (s) Local (es)	Familia
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lamb.	Caulote, cuaulote	<i>Esterculiaceae</i>
<i>Glicicidia sepium</i> (Jacq.) Steud.	Matarratón, cuchunuc	<i>Fabaceae</i>
<i>Ficus glabrata</i> HBKmate	Amate	<i>Moraceae</i>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Guanacaste	<i>Fabaceae</i>
<i>Acacia milleriana</i> St.	Quebracho, quiebracha	<i>Fabaceae</i>
<i>Leucaena esculenta</i> (M&S. Ex A. DC.) Benth.	Guash, guaje	<i>Fabaceae</i>
<i>Leucaena Collinsii</i> (B. & R.)	Guash, guaje	<i>Fabaceae</i>
<i>Acacia pennatula</i> Benth.	Espino blanco, cuquet	<i>Fabaceae</i>
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.il	Guamuchil	<i>Fabaceae</i>
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Wild.	Huizache	<i>Fabaceae</i>
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	pie de venado	<i>Fabaceae</i>
<i>Genipa americana</i> L.	Maluco	<i>Rubiaceae</i>
<i>Dipphysa robinoides</i> Benth.	Guachipilin	<i>Fabaceae</i>
<i>Albizia caribaea</i> (Britton and Rose)	Guaje blanco	<i>Fabaceae</i>
<i>Erythrina goldmanii</i> St.	Pitillo, machetito, pito	<i>Fabaceae</i>

Fuente: Pinto *et al.*, 2005.

Composición química

La composición química de especies arbóreas y arbustivas ha sido reportada en varios trabajos realizados en diversas regiones del mundo, comprendiendo desde especies de mayor importancia y más conocidas en África y Latinoamérica (Benavides, 1998; Roothaert, 2000) hasta especies que son potencialmente consideradas como alimento para el ganado, pero en menor grado en países como India y Nepal (Kulwant *et al.*, 1980; Hopkins, 1985).

En el Cuadro 2 se presenta la composición química de algunas especies arbustivas y arbóreas en donde se aprecia el valor elevado de nutrimentos. El análisis por sí solo no es suficiente, por lo que, es fundamental conocer el valor de la energía, consumo y digestibilidad de los componentes que son en conjunto, donde se ha desarrollado el aporte de conocimientos mayores de estas plantas. La alta variabilidad nutricional observada en las leñosas perennes reportadas pueden ser atribuidas a factores como la edad, parte de la planta, régimen de cosecha, época y localización de la misma.

Cuadro 2
Composición química proximal (% Materia Seca) de árboles y arbustos forrajeros consumidos por rumiantes

Árboles y Arbustos	Parte Vegetal	PC	Ce	FC	EE	ELN
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Hoja	12,3	10,0	23,6	3,3	52,1
	Fruto	7,9	-	-	-	48,0
<i>Gliricidia sepium</i>	Hoja	21,6	6,8	17,3	2,3	-
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Planta completa	19,1	7,8	-	3,5	-
<i>Acacia cymbispina</i>	Hoja	18,2	-	-	-	-
<i>Acacia nilotica</i>	Fruto	14,4	5,8	23,2	0,9	-
<i>Albicia lebbeck</i>	Semilla	25,3	3,5	1,7	1,4	-
	Vaina	10,5	60,0	-	0,6	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	Hoja	19,9	6,5	7,6	3,8	65,4
	Semilla	18,6	5,6	10,1	4,4	61,2
<i>Pithecellobium dulce</i>	Hoja	28,9	6,1	26,8	-	-
	Vaina	22,7	-	-	-	-
<i>Brosimum allicastrum</i>	Hoja	23,1	9,8	16,2	6,5	49,5
	Planta completa	19,4	-	19,6	4,2	52,3
	Semilla	26,2	-	-	-	-
	Planta 45 días	28,5	-	-	-	-
	Planta 98 días	13,1	-	-	-	-
	Planta 143 días	12,7	-	-	-	-
<i>Eritrina poeppigiana</i>	Hoja	13,9	14,8	11,7	3,5	50,4
	Pulpa	20,1	6,6	11,6	5,3	56,4
	Semilla	13,7	2,5	9,4	2,4	71,4
<i>Tamarindus indicus</i>	Hoja	28,5	-	-	-	-
	Semilla	15,4	3,1	1,5	1,5	75,6
	Vaina + Semilla	7,3	-	3,4	1,3	-
<i>Atriplex canescens</i>	Planta completa	7,5	34,3	22,3	1,4	34,4
<i>Hibicus esculentus</i>	Fruto	8,6	5,1	-	2,7	50,5
<i>Gymnospora spinoza</i>	Hoja	9,4	12,6	15,3	3,5	59,1

Fuente: Pinto *et al.*, 1994.

PC: Proteína Cruda; Ce: Cenizas; FC: Fibra Cruda EE: Extracto Etéreo; ELN: Extracto Libre de Nitrógeno.

Los estudios de especies leñosas realizados en diversas regiones del trópico, indican que el porcentaje de proteína cruda (PC) del follaje de árboles y arbustos, generalmente duplica al de las gramíneas, siendo este atributo nutricional el más predominante para estas especies y en numerosos casos el contenido energético es también superior. Así, el contenido promedio de PC de diversas especies mencionadas anteriormente (16%) es mayor que el nivel crítico de 6,8%, debajo del cual el consumo del forraje es deprimido (Minson, 1990), lo que confirma su gran potencial como alimento de alta calidad para el ganado en pastoreo o alimentado a base de forrajes.

El contenido de PC varía en las partes de la planta (láminas y tallos verdepecíolo). En general, el follaje arbóreo ha mostrado valores alto de degradación de la materia seca “in situ” a compararse con el método “in vitro”. Esto sugiere que algunos factores, tales como los taninos en forma de complejos con la proteína, están presentes en especial en las hojas más maduras, lo que reduce la tasa de degradación del follaje provocando disminución de la concentración de amonio en el rumen y aumentando la cantidad de proteína vegetal sobrepasante al abomaso donde una parte será disociada, y posteriormente, absorbida (Norton, 1994b).

Otra característica importante del follaje arbóreo es su alto contenido de nitrógeno soluble (40%) y de nitrógeno no soluble (15%). Por consiguiente, los estudios sobre la diversidad nutricional de algunos géneros (e.g. *Erythrina*) han mostrado variaciones entre y dentro de las especies en cuanto a contenido de PC, solubilidad de la proteína, contenido de nitrógeno no soluble y digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

Los valores de la fracción fibrosa definen la proporción y extensión de la digestión; por lo que, los follajes de las especies arbóreas con valores bajos de fibra detergente neutro que fluctúa entre 20-35%, presentarán valores altos de digestibilidad, comparado con los valores alto de lignina producirán bajos valores de digestibilidad. Así también, se ha reportado una asociación negativa entre la baja digestibilidad de la materia seca, de numerosos árboles leguminosos, y la concentración de taninos (Kaitho *et al.*, 1993).

El follaje arbóreo contiene generalmente altas cantidades de fósforo. Similarmente, el calcio no es limitado en el follaje arbóreo, ya que este posee concentraciones elevadas (0,90%), lo cual es importante debido a la relación que este mineral tiene con el metabolismo del fósforo. El magnesio y potasio son también encontrados en concentraciones suficientes en el follaje arbóreo. Considerando los requerimientos promedio del ganado de carne y lechero; las hojas de *G. sepium* podrían ser adecuadas en Ca, Mg, K, Na y Fe pero deficientes en P, Cu, Zn y Mn, lo que indica la necesidad de usar un suplemento mineral cuando la especie es consumida por rumiantes.

Factores Antinutricionales

A pesar de conocer los numerosos aportes que realizan las especies leñosas perennes, especialmente las leguminosas, en la producción de biomasa comestible y el alto valor alimenticio que proveen a la alimentación animal, existen múltiples interrogantes. Por un lado, en lo relacionado con la eficiencia de utilización de las distintas fracciones que conforman su estructura, y por el otro, en que los métodos tradicionales de análisis de laboratorio utilizados para estimar el valor nutritivo de los forrajes, cuando

son aplicados al follaje de especies arbóreas, dan informaciones útiles, pero poco consistentes, principalmente en lo que se refiere al consumo y respuesta animal.

Según Kass (1992) el fenómeno señalado anteriormente parece estar relacionado con la presencia de compuestos secundarios en estas plantas, los cuales pueden disminuir la digestibilidad, el consumo y el comportamiento animal, es decir sobre el valor nutritivo. Entre los metabolitos secundarios o factores anticualitativos más conocidos se pueden citar los siguientes: taninos, cumarinas, ácido ortocumárico, ácido melilótico, ácido gentísico, ácido ferúlico y alcaloides.

Estos compuestos químicos no están directamente relacionados con el crecimiento de la planta, pero actúan como protectores del ataque de insectos y hongos. Kumar (1992) menciona que existen alrededor de 8.000 polifenoles, 270 aminoácidos no proteicos, 32 cianogénicos, 10.000 alcaloides y varias saponinas, muchas de ellas reportadas en diversas plantas; y define a estos factores como aquellas sustancias presentes en los forrajes generadas por el metabolismo de las especies o por diferentes mecanismos, que ejercen un efecto adverso en la nutrición animal. En *G. sepium* se ha reportado una concentración de cianuros (HCN) de 1,21 micromol g⁻¹ (Adejumo, 1992). Las especies del género *Atriplex* sp. contienen factores antinutricionales, aunque los valores de inhibidores de tripsina reportados no son significativos por estar debajo de los niveles reportados como tóxicos. Esto hace considerar a estas especies arbóreas forrajeras como una alternativa de alimento para rumiantes especialmente en ovinos (Sangines *et al.*, 1987).

El forraje de *L. leucocephala* presenta el aminoácido denominado mimosina, el cual produce en el rumen el metabolito DHP (3-hidroxi-4-piridona) que afecta la glándula tiroidea y puede disminuir el nivel de tiroxina en sangre deprimiendo la ganancia de peso. Se ha encontrado que dietas superiores al 30% de *L. leucocephala* provocan problemas de intoxicación en rumiantes (decaimiento, excreción mucosa, anemia aguda, caída de pelo). Los valores de la mimosina aumentan conforme la planta madura y de acuerdo a la parte de la planta; la semilla presenta el mayor valor de mimosina con 12,13%, conteniendo 4,47, 1,61 y 6,46% respectivamente la hoja, hoja y tallo tierno y la planta en base seca (Castillo, 1985).

En *Cajanus cajan* se han detectado inhibidores de la tripsina en bajas cantidades (1327,1 UIT⁻¹ g⁻¹) que no afectan el consumo de los animales y se han encontrado trazas de saponinas y ácido tánico de 3,18 g 100 g⁻¹, lo cual no representa problemas para los rumiantes. Los efectos de los factores antinutricionales varían de acuerdo al tipo de animal, siendo los más susceptibles los no rumiantes, y pueden depender del tratamiento aplicado al alimento antes de su ofrecimiento al animal. Entre otros factores están la edad de la planta, sitio de la cosecha, y parte de la planta (Sandoval *et al.*, 1987).

Producción de Leche y Carne

Además de los múltiples beneficios que proporcionan los árboles y arbustos en las unidades de producción, tales como madera, postes, etc, se conoce que los productores que incorporan árboles en las pasturas y los utilizan para la suplementación animal encuentran numerosas ventajas en la época seca, en las cuales el ganado no pierde peso, la producción de leche se mantiene, las vacas aumentan la frecuencia de celo y se

reduce el intervalo entre partos, la mortalidad y la incidencia de enfermedades son muy bajas, lo que evita trasladar el ganado a otras zonas en búsqueda de forraje (Zamora *et al.*, 2001).

La adopción y difusión de los SSP es baja en los ranchos ganaderos, sin embargo, existen experiencias muy importantes por los altos índices de productividad que mantienen algunos sistemas de ganadería durante muchos años. En el presente trabajo se destacan análisis en Colombia, Costa Rica, Cuba y Venezuela que desarrollan los SSP y los Banco de proteína en la alimentación animal (Cuadro 3).

Cuadro 3
Índices de Productividad de los SSP en diferentes países de Latinoamérica

País	Carga Animal Vacas ha ⁻¹ año ⁻¹	Producción L vaca ⁻¹ día ⁻¹	Leche L ha ⁻¹ año ⁻¹	Referencias
Colombia	3,35-5,22	7,27-11,48	7 436-18 486	Murgueitio <i>et al.</i> (2006)
Costa Rica	-	9,0-12,7	-	Souza <i>et al.</i> (2000)
Cuba	1,0-2,0 ¹ 1,0-2,0 ²	11,0-13,0 8,0-9,0	5 000-8 000 2 700-4 700	Milera (2006)
Venezuela	2,71 ³ 2,32 ⁴	8,55 8,60	8 472 7 317	Urbano y Dávila (2005)

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

En el Valle del Cauca, Colombia se encuentra la Reserva Natural El Hatico donde funcionan los SSP intensivos que combinan pastos mejorados con arbustos de *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit., cv. Cunningham de la colección del CIAT (17502; 21888; 17263) en densidades superiores de 10.000 árboles ha⁻¹. Este sistema logra altas producciones de biomasa y es ideal para el pastoreo rotacional intensivo, ya que la *L. leucocephala* tiene una alta capacidad de rebrote después del ramoneo, fortaleza para responder a las podas severas, flexibilidad de las ramas sin desgarre, palatabilidad y alta fijación de nitrógeno atmosférico que beneficia a las gramíneas mejoradas asociadas como el pasto estrella *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.), *Cynodon nlemfuensis* Vamderyst y guinea *Panicum maximum* Jacq., variedades Tanzania y Mombaza (Murgueitio *et al.*, 2006).

La producción de leche obtenida durante una década (1996 – 2005), aumentó de 7 436 a 18 000 L ha⁻¹ año⁻¹; y asimismo, la carga animal varió entre 3,36 – 5,22 vacas ha⁻¹ año⁻¹; a pesar de que la empresa dejó de utilizar fertilizantes (184 kg N₂ ha⁻¹ año⁻¹) para la superficie total de la finca. El cambio de uso de la tierra ha permitido consolidar una producción sostenible con bajos insumos externos, debido a la asociación de los árboles y arbustos utilizados con una alta densidad de siembra.

Otro SSP que utilizan los productores pequeños son los bancos forrajeros mixtos (BFM), que están compuestos por cultivos intensivos de leñosas arbóreas y arbustivas destinadas al corte y acarreo en densidades muy altas, que a veces llegan a supe-

rar las 20 000 pl ha⁻¹. Estos bancos están solos o acompañados de otros cultivos como musáceas (plátano y banano), caña de azúcar para forraje, frutales tropicales y árboles maderables. Los BFM son muy atractivos para los campesinos, ya que permiten utilizar con mucha eficiencia sus recursos, reciclar la materia orgánica y generar alimentos de buena calidad para las diferentes especies animales, especialmente para las vacas de doble propósito, los cerdos y las aves de postura y pollo de engorde.

En el trópico seco y húmedo de Costa Rica, los sistemas de producción de leche que incorporan árboles a las pasturas y las vacas en producción que pastorean con alta cobertura arbórea (22-30%) han logrado incrementar la producción de leche entre 13 y 28% (12,7-9,0 L vaca⁻¹ día⁻¹), respectivamente en las épocas de seca y lluvias en comparación con las de los potreros sin árboles (11,1 – 9,2 L vaca⁻¹ día⁻¹). Esto se debe a la reducción del estrés calórico, lo cual favorece el ahorro de energía y el mayor consumo de pasto. El confort térmico se mejora en las vacas que están en los SSP, ya que presentan una menor tasa de respiración que aquellas que están en las pasturas sin árboles (65 vs 80 respiraciones por minuto, respectivamente) (Souza *et al.*, 2000).

En relación, a la producción de carne Restrepo (2002), encontró que la ganancia de peso en la época de lluvia en los potreros con cobertura arbórea alta (27% ó 19 árboles ha⁻¹) fue mayor con 893 g día⁻¹, que en aquellos con cobertura baja (7% u 8 árboles ha⁻¹) con 777 g día⁻¹. En la época de seca la pérdida de peso fue menor en los potreros con cobertura alta, lo cual mostró la ventaja de la incorporación de los árboles en las pasturas, al ofrecer no solo sombra para proteger el ganado, sino también al aumentar el consumo voluntario de las pasturas, el follaje y los frutos de los árboles.

En Cuba, son innumerables los trabajos reportados sobre los SAFP entre ellos, particularmente, los SSP y BFM. 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* Jacq., *C. nlemfuensis* y *Paspalum notatum*, las cuales han presentado un incremento en el contenido de PC entre una y tres unidades porcentuales cuando está asociada con *L. leucocephala* en diferentes sistemas de producción. Se demuestra que las respuestas en los sistemas de producción de Cuba presentan igual magnitud que las planteadas en otros países, para las diferentes condiciones de potencial genético, tipo de explotación, nivel de alimentación, etapa de lactancia, oferta y calidad de gramíneas con similares tendencia en el desarrollo de estudios en la producción de leche y carne.

Los mejores resultados en la producción de leche con la tecnología del banco de proteína se han alcanzado 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 dos y cuatro horas al día. La producción de leche fue de 9 a 10 L vaca⁻¹ día⁻¹ con una carga animal de 2,5 vacas ha⁻¹ y uso de fertilizantes (140 kg ha⁻¹ año⁻¹) en la asociación *P. maximum* cv. Likoni – *L. leucocephala*. Cuando se eliminó el uso de fertilizantes la producción de leche por vaca disminuyó a 6,7 L día⁻¹.

Los SSP en Cuba, con la asociación de árboles en toda el área de pastoreo comenzó en el año 1995 y la tecnología ha demostrado en condiciones comerciales, sus potencialidades para elevar los índices productivos y reproductivos del ganado. Tiene un potencial de producción de 10 L leche vaca⁻¹ día⁻¹ y se han obtenido rendimientos lechero de hasta 3 000 L ha⁻¹ año⁻¹ y más de 2 800 L por lactancia, sin utilizar suple-

mentos energéticos - proteicos. También puede alcanzar ganancia de peso vivo entre 600 y 800 kg ha⁻¹ año⁻¹, al igual que mejoras reproductivas, como la tasa de parición de 80%, el intervalo de parto de 403 días como promedio y 69% de vacas en ordeño (Iglesia *et al.* 2006).

En Venezuela, la finca Judibana ubicada en el Vigía, Mérida, propiedad de la Universidad de Los Andes, evaluó el efecto de las asociaciones gramíneas-leguminosas arbóreas en vacas de doble propósito, encontrando resultados elevados de producción de leche por ha. En sistemas de monocultivo de pasturas que soporta una carga animal de 1,42 UA ha⁻¹, la producción de leche por vaca fue de 7,32 L día⁻¹ y 3 938 L ha⁻¹ año⁻¹. El efecto de las leguminosas arbóreas en la producción de leche por vaca tuvo un incremento moderado, con respecto a la alta producción por ha, la cual duplicó los volúmenes de leche (8 472 – 7 317 L ha⁻¹ año⁻¹), debido al incremento de la carga animal (2,71 y 2,32 U ha⁻¹), respectivamente en los SSP con las especies de leucaena y con matarratón. La producción de *L. leucocephala* fue de 17,5 t MS ha⁻¹ año⁻¹ utilizando una frecuencia de corte cada 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 *L. leucocephala* y *G. sepium*. La oferta forrajera promedio fue de 3084,3 kg MS ha⁻¹ por rotación de pastoreo, cada 42 días con un período de ocupación de 4 días.

CONCLUSIONES

La importancia de los SSP existentes en los países de Latinoamérica, como Colombia, Costa Rica, Cuba y Venezuela está basada en la alta producción de biomasa comestible, en cantidad y calidad, que permitió regularizar el suministro de forraje durante la época seca, obteniéndose resultados favorables sobre el comportamiento animal, en términos de producción de leche y/o carne. Los índices productivos y reproductivos superaron a los registrados en el sistema de producción de monocultivo de gramíneas, debido al efecto de las leguminosas arbóreas sobre el incremento de PC en la dieta, el alto rendimiento de MS ha⁻¹ y la fertilidad de los suelos.

La especie arbórea más estudiada y utilizada en la mayoría de los SSP es la *L. leucocephala*. Se requiere investigación en el área de botánica para la identificación y selección de los árboles y arbustos forrajeros nativos en las diferentes zonas agroecológicas, que serán asociados en el nuevo modelo de producción del SSP.

Existen limitaciones técnicas en relación a una estrecha base de germoplasma en la mayoría de la especies que se utilizan en investigación como a nivel comercial. Es importante investigar en el mejoramiento genético, donde los materiales genéticos superiores sean identificados, multiplicados y diseminados en las diversas áreas agroecológicas.

El diseño, establecimiento, manejo y utilización de los SSP requieren ser evaluados con un enfoque integral y multidisciplinario, debido a que en estos interviene un conjunto de factores que no se pueden analizar de forma aislada, y en la que la relación suelo-planta-animal-clima-hombre aparece muy compleja y variada. Asimismo, es necesario la formación de un equipo multidisciplinario que integre las diferentes áreas de conocimiento en Ecología, Fisiología de plantas, Edafología, Agronomía, Medicina Veterinaria, Sistemas de Producción, Matemáticas, Química, Sociología y

otras, debido a la necesidades de investigación con los múltiples factores que constituyen los SSP y la complejidad de los mismos.

Los SSP presentan una baja adopción y difusión en las explotaciones ganaderas, su aplicación no es de uso generalizado. Sin embargo, en los últimos años ha crecido el interés por dichos sistemas, debido a los beneficios evidenciados por los productores. Dentro de las ventajas socioeconómicas están la diversificación de los productos generados en la finca (madera, postes, leña y frutos), mejoran la productividad animal y proveen alimento de alto valor nutritivo, especialmente durante la época de seca. Además, son generadores de servicios ambientales, como la protección de las cuencas hidrográficas, la conservación de la biodiversidad, el secuestro de carbono y la belleza escénica. Entre los factores relacionados a la baja adopción y difusión de los SSP se encuentran el deficiente servicio de extensión agrícola, escasa disponibilidad de semillas de las especies arbóreas y arbustivas a nivel de investigación y comercial, para el establecimiento de los SSP en las explotaciones ganaderas; falta de financiamiento y mano de obra calificada, falta de conocimiento agroforestal en las Universidades e instituciones de investigación.

LITERATURA CITADA

- Adejumo JO. 1992. Effect of plant age and harvest date in the dry season on yield and quality of *Gliricidia sepium* in Southern Nigeria. Trop Grass 26:21-24.
- 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
- Benavides JE. 1991. Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central. Un enfoque agroforestal. El Chasqui 25:6-35.
- Castillo LM. 1985. Evaluación agronómica y bromatológica de *Leucaena leucocephala*. Memoria Asoc Latinoam Prod Anim 20:96.
- Hopkins NCG. 1985. Árboles forrajeros en Nepal. Rev Mundial Zoot. pp 18-23.
- Kaitho RJ, Tammings S, Van Bruchem J. 1993. Chemical composition and nylon bag degradation characteristics of dried *Calliandra calothyrsus* leave. Animal Feed Sci Techn 43:23-45.
- Kass M. 1992. Experiencias del CATIE en el uso de follajes de árboles leguminosos como suplementos proteicos para los rumiantes. En: Memorias IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano de pastos y forrajes de la E.E.P.F..Matanzas, Cuba. 138.
- Kulwant S, Punj ML, Kochar AS, Bhatia IS. 1980. Studies on carbohydrates polymers and chemical composition of tree in the Indian. Indian Vet. J 49:148-152.
- Kumar R. 1992. Anti-nutritional factor: the potential risk of toxicity and methods to alleviate them. En, A Speedy, P Pugliese (Ed). A Legume tress and other fodder trees as protein source for livestock. Rome, Italy; FAO. Animal Production an Health paper pp 102.
- Minson DJ. 1990. Forage in ruminant nutrition. Academic Press, Inc. USA.. p. 483.
- Murgueitio E, Cuellar P, Ibrahim M, Gobbi J, Cuartas CA, Naranjo JF, Zapata A, Mejía CE, Zuluaga AF, Casasola F. 2006. Adopción de Sistemas Agroforestales Pecuarios. Pastos y Forrajes 29 (4):365-381.

Norton BW. 1994b. Anti-nutritive and toxic effects in forage tree legumes. En, RC Gutteridge, HM Shelton (Ed). Forage tree legumes in tropical agriculture. Australia: CAB International. pp. 202-215.

Pinto RR. 1994. Árboles y arbustos con potencial forrajero para rumiantes: una revisión. Depart Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p.56.

Roothaert RL. 2000. The potential of indigenous and naturalized fodder trees and shrubs for intensive use in central Kenya. Tesis Ph. D. Department of Animal Nutrition. Wageningen Agricultural University. Wageningen, The Netherlands. p. 170.

Sandoval A, Arellano J, Pérez-Gil F. 1987. Estudio de la composición química de las hojas y vainas del *Cajanus cajan*. En Memoria de la Reunión de Investigación Pecuaria Mexicana. pp 203.

Sanginés GL, Pérez-Gil F, Samperio CE. 1987. Caracterización química de las plantas halófitas (gen. *Atriplex*) como recurso alimentario de las zonas áridas. Reunión de investigación Pecuaria Mexicana. pp 294.