

**LOS ARBOLES FORRAJEROS Y SU UTILIZACION EN LA GANADERIA
COLOMBIANA**

HERNAN OJEDA JURADO

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
PASTO - COLOMBIA
2008**

**LOS ARBOLES FORRAJEROS Y SU UTILIZACION EN LA GANADERIA
COLOMBIANA**

HERNAN OJEDA JURADO

**Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de especialista en
Producción de Recursos Alimentarios para Especies Pecuarias**

**Asesor:
ARTURO GALVEZ CERON
Zoot., M. Sc.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORÍA DE INVESTIGACIONES POSTGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES
PASTO - COLOMBIA
2008**

Nota de aceptación

ARTURO LEONEL GALVEZ CERÓN Zoot., M. Sc
Asesor

OSCAR FERNANDO BENAVIDES Zoot., M. Sc
Jurado delegado

JORGE NAVIA ESTRADA I.A M. Sc.
Jurado

Pasto, Noviembre de 2008.

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Dedico a :

MI ESPOSA

MI HIJO

HERNAN OJEDA JURADO

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a :

ARTURO LEONEL GALVEZ CERÓN Zoot., M. Sc

OSCAR FERNANDO BENAVIDES Zoot., M. Sc

JORGE NAVIA ESTRADA I.A M. Sc.

LUIS ALFONSO SOLARTE Zoot.

OSCAR ANTONIO MONCAYO OTERO Zoot., Esp

Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño.

Todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la culminación de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCION	13
OBJETIVOS	14
OBJETIVO GENERAL	14
Objetivos Específicos	14
3 MARCO TEORICO	15
3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL BASADOS EN ARREGLOS SILVOPASTORILES	15
3.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES	16
3.2.1 Definiendo los sistemas silvopastoriles (SSP).	16
3.2.2 Los árboles y arbustos forrajeros en los sistemas Agroforestales Pecuarios.	17
3.3 LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN COLOMBIA	19
3.3.1 Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva.	20
3.3.2. Plantaciones forestales con pastoreo de ganado.	21
3.3.3. Cercos vivos, barreras contra el viento, corredores biológicos y linderos arborizados y espacios para el sombrío	22
3.3.4. Sistemas silvopastoriles con uso de la sucesión vegetal dirigida.	23
3.3.5. Sistemas silvopastoriles de alta densidad arbórea	23
3.3.6 Sistemas de corte y acarreo: bancos de proteína puros, policultivos de corte, policultivos de varios estratos y múltiples usos.	25
3.4 IMPORTANCIA DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS EN LA GENERACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES	26
3.4.1 Restauración de suelos degradados y conservación de agua.	26
3.4.2 Los árboles y arbustos forrajeros en el secuestro de carbono.	28
3.4.3 Los árboles y arbustos forrajeros en la conservación de la biodiversidad.	28
3.5 ÁRBOLES CON POTENCIAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL	29
3.5.1 Apreciación de las especies de árboles y arbustos forrajeros para la alimentación animal.	30

	pág.
3.6 EL PAPEL DE LOS ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO EN LA CONSERVACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO	35
3.6.1 Importancia de la dinámica árbol bacteria suelo	35
3.6.2 Importancia de la dinámica árbol animal medio ambiente.	37
3.7 PRINCIPALES ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ARREGLOS SILVOPASTORILES	39
3.7.1 Mataratón.	39
3.7.2 Leucaena.	40
3.7.3 Nacedero.	41
3.7.4 Morera	43
3.7.5 Yuca	44
3.7.6 Poró	45
4 CONCLUSIONES	48
BIBLIOGRAFIA	49

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Matarratón (<i>Gliricidia sepium</i>) en un arreglo de banco de proteína	39
Figura 2 Leucaena (<i>Leucaena leucocephala</i>) en un arreglo silvopastoril para pastoreo controlado	40
Figura 3 Nacedero (<i>Trichantera gigantea</i>)	41
Figura 4 Morera (<i>Morus</i> sp)	42
Figura 5 Yuca forrajera (<i>Manihor esculenta</i>)	43
Figura 6 Poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	44
Figura 7 <i>Erythrina fusca</i> Lour	45

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Características de los sistemas silvopastoriles de ganaderías extensivas en Colombia	21
Cuadro 2. Disponibilidad de forraje y nutrientes en un sistema silvopastoril y en un monocultivo de <i>Cynodon plectostachyus</i>	25
Cuadro 1. Principales arbustos y árboles forrajeros y con uso actual o potencial como componente arbóreo en sistemas silvopastoriles en zonas tropicales	32
Cuadro 4. Intercepción de luz, producción y calidad de pasto a cielo abierto y bajo sombra de árboles leguminosos y no leguminosos.	34
Cuadro 5 Comportamiento agronómico de la producción de biomasa de <i>C. plectostachyus</i> a diferentes densidades de siembra	35

INTRODUCCION

En las últimas décadas, la fuerte presión por el uso de los recursos en áreas de ladera y en el trópico, se manifiesta en la baja productividad del suelo y el deterioro ecológico del medio natural (Barrios, 1995)¹. Así mismo, la expansión de la ganadería extensiva y de la economía campesina de subsistencia han sido los principales factores de deforestación en América Latina; según Oviedo, Vallejo y Benavides², en América Latina y el Caribe alrededor de 2 millones de km² sufren alguna forma de deterioro, de los cuales la mayor parte es provocada por la ganadería y otras actividades agroexportadoras. Por otra parte, las tasas anuales de deforestación son en promedio 1.3 % indicando que las principales causas son la conversión de selvas y bosques de tierras agrícolas en donde la ganadería bovina ha jugado un papel importante.

En algunos lugares predominan bosques primarios, secundarios y rastrojos ecosistemas que han sido deteriorados por la necesidad de los pobladores de obtener leña, postes para cercos, madera para construcción, pastoreo de bovinos entre los árboles o claros de los bosques y por esa conversión de áreas a la agricultura, en todos los casos no se ha implementado alguna estrategia sustentable. La actividad pecuaria predominante muchas veces es de subsistencia bajo un sistema extensivo el cual utilizan razas criollas y/o cruza. Adicionalmente, los animales se alimentan exclusivamente de lo que el pastoreo les proporciona y algunas veces se adicionan residuos de cosecha, alimento que no cubre las necesidades de mantenimiento de los animales, por lo que en este período estos sufren pérdidas de peso, inclusive llegan a morir y los que sobreviven su productividad es muy baja, ya que las hembras incrementan sus intervalos entre partos.

De otra parte, es importante señalar que en el contexto regional la desinformación sobre estos temas ha llevado a modelos de aplicación erróneos que en nada aportan a la sostenibilidad de los sistemas pecuarios y más bien tienden a deteriorarlos por su mal manejo. Considerando lo anterior y teniendo en cuenta lo señalado por Russo³, quien indica que las características nutricionales de producción de biomasa de muchas especies leñosas pueden permitir su integración en los sistemas de producción animal contribuyendo a mejorar la calidad de la dieta de los animales y satisfacer la demanda del alimento, el presente documento tiene como objetivo principal analizar los sistemas silvopastoriles en términos de su estructura y función así como sus ventajas, desventajas y potencialidades considerando el incremento en la producción sostenible de biomasa como principio de seguridad alimentaria animal para los modelos de producción tropical.

¹ BARRIOS, E. 1995. Agroforestería en planicies aluviales tropicales. Destreza indígena de Venezuela. 2(5):19-23

² OVIEDO, F.; VALLEJO, M.; BENAVIDES, J. 1994. Módulos agroforestales para la producción de leche con cabras. 1(2):23-27

³ RUSSO, R.O. 1994. Los sistemas agrosilvopastoriles en el contexto de una agricultura sostenible. 1(2):10-13

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Compilar y analizar bibliografía respecto a los árboles y arbustos forrajeros en términos de su, función y dinamismo, así como las potencialidades y limitantes de su incorporación en los sistemas de producción ganadera.

Objetivos Específicos

- ✓ Establecer la dinámica de interacción de los árboles y arbustos forrajeros con el suelo, las pasturas y el animal
- ✓ Analizar las aplicaciones más comunes de los árboles y arbustos forrajeros con énfasis en el manejo racional de los componentes del sistema
- ✓ Proponer alternativas para el manejo racional del árbol, pastura y animal en las opciones silvopastoriles de uso más común
- ✓ Concluir sobre las fortalezas, debilidades y posibilidades de investigación en el tema desarrollado.

3 MARCO TEORICO

3.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL BASADOS EN ARREGLOS SILVOPASTORILES

Según menciona Howard-Borjas:

Por variadas razones, principalmente ligadas al legado colonial y a la formación académica tradicional, la producción animal en la mayor parte de las zonas tropicales de Latinoamérica, tanto para monogástricos como para rumiantes, se ha basado en la adaptación incompleta de modelos desarrollados en climas templados. Los sistemas de producción bovina bajo pastoreo extensivo en las zonas tropicales, han causado un gran daño al medio ambiente y a la biodiversidad, han impedido un desarrollo rural y por consecuencia han promovido la emigración de la población rural hacia las ciudades en busca de alternativas mejores de vida⁴.

En este orden de ideas, la destrucción de selvas y bosques, con la consecuente drástica reducción o pérdida de especies de plantas y animales, para la implantación de praderas artificiales, ha sido una verdadera tragedia para el medio ambiente tropical. Considerando además que los niveles de productividad en las praderas tropicales son bajos y que los beneficiarios no han sido la población rural en general, sino sectores privilegiados de poblaciones urbanas y los países desarrollados importadores de carne.

Aunado a lo anterior las praderas de pastos para la producción bovina son verdaderamente artificiales, pues no solo la mayor parte de las especies de gramíneas vienen de otros continentes, incluso las que forman las praderas tropicales nativas, sino que hay que hacer un esfuerzo constante para evitar que se llenen de las llamadas malezas. Las tentativas de la naturaleza para restablecer una vegetación secundaria, reflejada en el crecimiento espontáneo de árboles y arbustos, son constantemente detenidas por los herbicidas o en el mejor de los casos por el machete o el control mecánico

Desde este punto de vista es importante destacar el papel que los árboles y arbustos forrajeros juegan como una alternativa sostenible tal como mencionan Nitis *et al* quienes argumentan que “Para aumentar la biodiversidad animal y vegetal, y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de los insumos externos. Con ellos se trata de aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación, como se ha enfatizado desde hace tiempo en el Sudeste Asiático y de mejorar la dieta animal

¹ Howard-Borjas, Patricia. 1995. Cattle and crisis: the genesis of unsustainable development in Central América. Reforma Agraria, colonización y cooperativas. FAO, Rome, p 89- 116.

proporcionando una diversidad de alimentos, forrajes, flores y frutos, que permiten al animal variar su dieta y aumentar su nivel de producción”⁵.

Los mismos autores afirman que: “En Colombia el uso de árboles y arbustos forrajeros en la producción ganadera ha tenido un gran auge en los últimos años. Sin embargo, aún falta información y documentación a largo plazo, que permita aumentar los conocimientos sobre las interacciones entre los componentes árbol-pasto suelo- animal. Esta información es necesaria para generar puntos de intervención del hombre para el manejo del sistema, que garanticen su mayor eficiencia y sostenibilidad”⁶.

3.2 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES

3.2.1 Definiendo los sistemas silvopastoriles (SSP). De acuerdo con Sanchez:

La agroforestería; concepto en el cual se incluye a los SSP se refieren a sistemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se utilizan en el mismo sistema de manejo que cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal. En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre los componentes el cual conduce a mejoras netas en uno más rangos de características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y no-comerciales. Como ciencia, es multi-disciplinaria y a menudo involucra la participación de campesinos o agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación⁷.

El mismo autor⁸ afirma que enfoque de SSP debe incluir una visión holística donde se contemple la rehabilitación de Ecosistemas, la investigación en la interacción entre fuentes inorgánicas y orgánicas de nutrientes para diversas estrategias de reposición de la fertilidad del suelo; las interacciones biofísicas entre árboles y cultivos a diferentes escalas espaciales y temporales y sus interacciones con el medio ambiente, en función de agua y nutrientes; los efectos de las prácticas agroforestales sobre la biodiversidad, incluyendo la biodiversidad del suelo, la retención de carbono y emisiones de gases de invernadero; y en el largo plazo, la resistencia del recurso natural de base, a nivel de campo y de paisaje.

Es importante destacar, que el silvopastoreo es un sistema biológico–abiológico en desarrollo dinámico constante, el cual se alcanza por etapas con la evaluación de los

⁵ Nitis, I.M., Putra, S., Sukanten, W., Suarna, M. And Lana. 1991. Prospects for Increasing Forage Supply in Intensive Plantation Crops Systems in Bali. In: Forage for Plantation Crops. ACIAR Proceedings No. 32. P.32

⁶ Ibid., p. 35

⁷ Sánchez, M.D. 1995. Integration of livestock with perennial crops. World Animal Review 82(1):50-57.

⁸ Ibid., p. 30

componentes del mismo. Es decir, los animales, los árboles, el pasto base, la flora y la fauna aérea y del suelo, el suelo mismo, el reciclado de nutrientes, los factores abióticos y otros de carácter socioeconómico. De aquí, que las producciones animales y de otro tipo derivados del sistema silvopastoril deben variar positivamente en el tiempo, en la medida que se va consolidando la relación suelo/planta/animal.

Adicionalmente, según menciona Botero:

Dentro de la designación de árboles y arbustos forrajeros son comunes los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno (AFN) que corresponden a componentes que eventualmente pueden asociarse con cultivos agrícolas (Sistema Agroforestal), con pasturas para pastoreo (Sistema Silvopastoril), ser mantenidos alternando entre cultivos agrícolas y pasturas (Sistema Agrosilvopastoril) y también como bancos forrajeros y como cercas vivas. Esto es debido a su gran variedad de productos y usos como: leña, carbón, madera, frutos, productos medicinales e industriales, tutores de cultivos, sombra, división de lotes y demarcación de linderos en fincas, barreras rompeviento, control de erosión, refugio de avifauna silvestre, reciclaje de nutrimentos, etc. Además, el follaje de algunos de ellos puede ser cosechado, bajo corte o pastoreo directo, para la suplementación animal⁹.

3.2.2 Los árboles y arbustos forrajeros en los sistemas Agroforestales Pecuarios. El término sistema silvopastoril se proyecta hacia un gran abanico de opciones, las cuales dependen del objetivo y características de la explotación pecuaria. En este sentido se puede mencionar los siguientes:

a) **Pastoreo en bosques naturales:** considerados los más antiguos, según afirma Etienne¹⁰ y se han practicado desde hace mucho tiempo en Europa y en América desde la colonización. En el caso particular de España, las "dehesas" se han desarrollado como una silvicultura pastoral especializada con un manejo de los encinos (*Quercus* spp) mediante podas que favorecen la producción de bellotas y de forraje tanto de los árboles como del pasto.

b) **Pastoreo en huertos.** En las zonas tropicales el mayor interés ha sido en la integración de ovinos en los huertos de cítricos. En este sentido Borroto *et al*, afirman que:

En Cuba la integración de ovinos pelibuey en los naranjales se ha investigado desde hace varios años, pero su aplicación en las plantaciones comerciales ha sido limitada, debido en parte, al consumo del follaje de los cítricos. Actualmente se están realizando investigaciones en la Universidad de Ciego de Avila (Ciego de Avila, Cuba) estudios sobre la integración de ovinos en plantaciones de cítricos que incluyen el uso de cultivos de cobertura con

⁹ BOTERO, R. 1993. Papel de las especies forrajeras tropicales en la conservación y recuperación de suelos ácidos de ladera. *Industria y Producción Agropecuaria*, Colombia. 1(4):14-23.

¹⁰ Etienne, M. 1996. *Western European Silvopastoral Systems*. INRA, Paris, 276p.

leguminosas rastreras. Una aplicación más inmediata existe con la integración de caballos en cítricos, ya que controlan los agresivos pastos tropicales y consumen los solo frutos caídos, sin dañar los troncos o el follaje de los frutales. Actualmente se están cuantificando el comportamiento de los caballos y el efecto sobre la calidad y cantidad de la fruta en un estudio conducido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (Matanzas, Cuba).

c) Pastoreo de plantaciones de árboles con fines industriales. Según Sánchez¹¹: El pastoreo tanto de ovinos en plantaciones de caucho, como de ovinos y bovinos en plantaciones de palma de aceite es una práctica que esta aumentando principalmente en el sudeste asiático. Existe un potencial enorme de producción ovina y vacuna basada en los recursos forrajeros que crecen en las plantaciones mismas tanto para caucho como para palma de aceite y coco como en los productos y subproductos del procesamiento industrial o artesanal de los frutos de la palma aceitera. Existe también un gran potencial de desarrollar sistemas sostenibles de producción porcina basados en la integración con la palma de aceite.

d) Sistemas integrados mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte. Sobre este sistema Preston y Murgueitio mencionan que: “Son sistemas mixtos donde el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales. Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha de bovinos y búfalos; la dieta de porcinos basada en algún producto rico en energía (eg jugo de caña o de palma, yuca, aceite y subproductos de la palma africana); y como base de las dietas de pequeños rumiantes”¹².

e) Sistemas agroforestales especializados para la producción animal intensiva. Estos sistemas de basan en la producción intensiva de forrajes de alto valor nutritivo (eg *Morus*, *Hibiscus*, *Malvaviscus*) en combinación con leguminosas para reducir los aportes externos de abonos o fertilizantes nitrogenados tal como menciona Benavides¹³. Estos forrajes de alta calidad pueden reemplazar completamente los concentrados a base de cereales y tortas de oleaginosas si reducción de la calidad ni la cantidad de leche, y por tanto permiten niveles muy altos de intensificación sin alta dependencia de insumos externos.

f) Praderas con árboles o arbustos forrajeros en la pradera. Para Ocampo¹⁴ es el sistema de mayor utilización en los modelos pecuarios convencionales del trópico y consiste en la

¹¹ Sánchez, M.D. 1995. Integration of livestock with perennial crops. World Animal Review 82(1):50-57.

¹² Preston, T.R. and Murgueitio, E. 1992. Strategy for sustainable livestock production in the tropics. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p.

¹³ Benavides, J.E. 1994. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Volúmenes I y II. CATIE, Costa Rica, 721p.

¹⁴ Ocampo, A. 1996. The African oil palm in integrated farming systems in Colombia: new developments. In: Second FAO electronic conference on Tropical Feeds. (On the internet FAO home page), FAO, Rome.

incorporación de árboles o arbustos forrajeros o multipropósito en las praderas naturales o artificiales. Las modalidades pueden incluir los cercos vivos, los bancos de proteína (generalmente de leguminosas) y la inclusión de forrajeras arbustivas o arbóreas directamente en las praderas. En ciertos casos el componente de gramíneas se ve reducido a un mínimo, especialmente cuando has varios estratos de plantas en sistemas silvopastoriles especializados para la producción pecuaria. Estos sistemas están aun poco difundidos, pero representan el potencial mayor en cuanto a su posible impacto a nivel de la producción animal en Latinoamérica tropical.

3.3 LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES EN COLOMBIA

Según Murgueitio y Calle:

Los principales impactos ambientales de las actividades ganaderas no están estudiados con profundidad. Además de la conexión directa e indirecta con la tala y quema de bosques, la ganadería también genera otros impactos ambientales negativos como la erosión y compactación del suelo; uniformidad genética del territorio al privilegiarse el monocultivo de gramíneas mediante quemas estacionales y eliminación de la sucesión vegetal por medios químicos (herbicidas) o físicos; desecación de humedales; construcción de vías de penetración; demanda creciente de madera para cercos, corrales de manejo y camiones ganaderos; contaminación del agua y el suelo por fertilizantes sintéticos y plaguicidas y otros efectos¹⁵.

En este orden de ideas Murgueitio afirma que:

La reconversión social y ambiental de la ganadería es una urgencia y una prioridad para el país que ya empieza a reflejarse en la política nacional ambiental pero no en la agropecuaria. Sin embargo, la intensificación de la ganadería puede incrementar significativamente sus contribuciones alimentarias, económicas y sociales. Esto es viable con la tecnología disponible, la organización de los productores y macropolíticas destinadas a desincentivar los negocios de especulación de tierras. Si se aplican una serie de principios relacionados con el ordenamiento territorial y la biodiversidad, es posible incluso que coincidan los beneficios socioeconómicos con los ambientales. Los sistemas agroforestales hacen parte sustancial de estos procesos de cambio¹⁶.

¹⁵ Murgueitio E y Calle Z 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica .

¹⁶ Murgueitio Enrique 1999. Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. World Animal Review. FAO, Rome. En prensa.

3.3.1 Sistemas silvopastoriles en ganadería extensiva. Tal como afirman Gomez, *et al*¹⁷ Algunos se localizan en las regiones de frontera de la selva húmeda en la Amazonia y el Pacífico, como sistemas de transición en los que el ganado penetra en los bosques y consume múltiples especies del sotobosque y frutos de árboles del dosel. En muchos casos preceden o contribuyen al establecimiento definitivo de las praderas pero también son el resultado de la incapacidad de controlar la sucesión vegetal debido a las precarias condiciones económicas, la extensión territorial o los fenómenos de migración de los colonos (enfermedades, inundaciones, violencia). En general se desarrollan en suelos muy ácidos, con mínimo fósforo y bases intercambiables y toxicidad de hierro y aluminio. Los parámetros productivos son muy bajos y los impactos ambientales muy fuertes.

Por otra parte los mismos autores¹⁸ aseguran que

En zonas de ganadería establecida durante mucho tiempo (décadas y hasta siglos), en las regiones Caribe, Andina y aún en la Orinoquia, Amazonia y Pacífico, otros sistemas silvopastoriles se pueden encontrar en praderas con especies vegetales que pudieron hacer parte de las selvas originales o que con el tiempo colonizaron los espacios abiertos. Varias especies de palmas (*Acrocomia aculeata*, *Attalea butyracea*, *Ceroxylon quindiuense* y *C alpinum*, *Copernicia tectorum*, *Mauritia flexuosa*, *Roystonea regia*, *Sabal mauritiiformis*, *Syagrus zancona*, *Wettinia sp*) en forma de rodales puros o mixtos se encuentran asociadas con praderas en esta categoría.

Así mismo , Hernández y Sánchez afirman que

En los bordes entre las sabanas nativas y los bosques de galería los árboles y arbustos resistentes al fuego como el alcornoco (*Bowdichia virgiliodes*), el chaparro (*Curatella americana*) y el chaparro manteco (*Byrsonima crassifolia*) que llegan a formar combinaciones de arbolitos de bajo porte en áreas de pastoreo. En las sabanas anegadizas de la Orinoquia, el árbol llamado saladillo (*Caraiipa llanorum*) forma rodales con espacios abiertos (H. 1994) que son pastoreados por el ganado durante muchos años. En los sistemas aluviales de las vegas de los ríos andinos, caribes, orinocenses y amazónicos, es frecuente la presencia de sistemas de gramíneas asociados con varias especies arbustivas y arbóreas donde se destacan el písamo o búcaro (*Erythrina fusca*) y el manteco (*Laetia americana*)¹⁹.

¹⁷ Gómez, María Elena, Rodríguez , Lylian, Murgueitio, E., Ríos, Clara I., Molina C.H., Molina, C.H., Molina, E. Y Molina, J.P. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente protéica. CIPAV, Cali, Colombia, 129p.

¹⁸ Ibid., p. 130

¹⁹ Hernández C. Jorge y Sánchez H. 1994. Sabanas de Colombia. En: Sabanas naturales de Colombia. Banco de Occidente. Cali, Colombia. Pp 57-163.

En el cuadro siguiente se pueden apreciar los tipos de sistema, uso determinado para cada uno de ellos, además de algunas características de importancia general

Cuadro 1. Características de los sistemas silvopastoriles de ganaderías extensivas en Colombia

Sistema	Usos de los árboles	Carga animal	Productividad Rentabilidad	Efecto ambiental
Pastoreo en selvas húmedas	Forraje, cercos, corrales, leña	Muy baja 1-10 ha/animal.	Muy baja.	Muy alto. Deterioro suelos, pérdida biodiversidad.
Palmares	Frutos, corrales.	Baja Menor a 1/ha	Mediana comparada con las praderas vecinas.	Positivo o negativo. Depende de la especie de palma
Alcornocal - chaparral	Postes para cerca y corrales, leña.	Muy baja 1-10 ha/animal.	Mediana comparada con las sabanas.	Positivo para los bosques de galería.
Saladillal	Construcciones, corrales, cercos.	Muy baja.	Mediana comparada con las sabanas.	Positivo para suelos.
Vegas arborizadas (Pisamal- Mantecal)	Consumo de follaje y frutos	Mediana 1 o más/ha	Alta comparada con otros suelos	Positivo para suelos y fauna Silvestre.

Fuente: Hernandez y Sanchez, 1994

3.3.2. Plantaciones forestales con pastoreo de ganado. En Colombia el área dedicada a las plantaciones forestales comerciales es relativamente pequeña. Según Etter: “Se calculan unas 166.000 hectáreas que se localizan principalmente en la región andina y en pequeña proporción en la Caribe y Orinoquia. La mayoría de los cultivos de *Eucalyptus*, *Pinus* y *Cupressus* se destinan para la producción de celulosa. La alta densidad de árboles por hectárea, la tecnología utilizada para el cultivo y los terrenos pendientes limitan en forma drástica el uso de animales asociados a las plantaciones”²⁰.

El mismo autor argumenta que

De manera diferente en las tierras bajas, cultivos de maderas finas como la teca (*Tectonia grandis*), ceiba roja o tolúa (*Bombacopsis quinata*), ocobo o roble morado (*Tabebuia rosea*), melina (*Gmelina arborea*) y otros de la región Caribe, la invasión de gramíneas incrementa a tal punto los costos de mantenimiento que en muchos momentos hace inviable el negocio. Ante la iliquidez en el ciclo de la producción de madera, el pastoreo de ganado en estas plantaciones se convierte en la salvación financiera de la inversión. Este

²⁰ Etter Andrés. 1998 Clasificación general de los ecosistemas de Colombia. En: Instituto de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997 Colombia. Editado por María Elfi Chávez y Natalia Arango. Santafé de Bogotá: Instituto Humboldt, Pnuma, Ministerio del Medio Ambiente, 3 vol. Pp 176-185. .

es el caso de la empresa privada Reforestadora de la Costa S.A. y su proyecto La Gloria que sembró 4200 has de estas especies²¹.

3.3.3. Cercos vivos, barreras contra el viento, corredores biológicos y linderos arborizados y espacios para el sombrío. La importancia de cercos vivos ha sido destacada por varios autores para los diferentes sistemas agroforestales y en particular para la ganadería. Los beneficios de estos cercos están suficientemente enumerados, reconocidos y estudiados; sin embargo, Montagnini *et al* analizan que:

En Colombia en las últimas décadas se evidencia un retroceso de los cercos vivos en muchas regiones, porque son reemplazados por postes de concreto al mismo tiempo que se elimina casi toda vegetación asociada a los potreros. Varios factores influyen en este comportamiento cultural: agotamiento de fuentes de postes de madera de buena calidad, nuevas variedades de pastos que crecen a plena exposición solar y en las zonas vecinas a los monocultivos los árboles son un obstáculo para las avionetas que aplican agroquímicos. También existen razones de seguridad de los ganaderos y no falta la imposición de patrones estéticos importados por los nuevos hacendados. Ahora que los elementos lineales de la vegetación asociados a los sistemas ganaderos cobran cada vez mayor importancia en el ordenamiento del territorio, la eliminación de los cercos y barreras arbóreas es una paradoja de quienes confunden progreso con altas inversiones y en muchas ocasiones, con ostentación²².

Para Murgueitio y Calle²³ las opciones de los cercos y barreras vivas van desde los setos de arbustos forrajeros como nacedero (*Trichanthera gigantea*), botón de Oro (*Tithonia diversifolia*), pinocho o san joaquín (*Malvaviscus penduliflorus*) o matarratón (*Gliricidia sepium*) hasta los verdaderos corredores de bosque que atraviesan áreas de pastoreo. Mientras mayores sean la amplitud, la complejidad estructural y la diversidad de especies en setos, cercos vivos y corredores, más importante será su contribución a la biodiversidad local. En todos los climas, es posible manejar la sucesión vegetal para crear o diversificar las barreras de vegetación.

La estrategia consiste en impedir el acceso del ganado (ideal la cerca eléctrica) y suprimir todas las labores de limpieza, la quema y el uso de herbicidas en estos sitios. El resultado después de varios años es un cerco vivo con varios estratos de vegetación, productor de madera y leña y muy frecuentado por la fauna. En la región del río Meta en el piedemonte de la cordillera oriental, la aplicación de esta estrategia ha generado en una empresa citrícola y ganadera, una red de corredores de bosque secundario de la que ya se empiezan a conocer interesantes avances con respecto a su relación positiva con aves, reptiles y hasta primates.

²¹ Ibid., p. 178

²² Montagnini, F y 18 colaboradores (1992) Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. OET, Costa Rica, 622 p.

²³ Murgueitio y Calle, Op. Cit., p. 73

3.3.4. Sistemas silvopastoriles con uso de la sucesión vegetal dirigida. En la mayoría de las condiciones del trópico americano, es evidente la tendencia de la vegetación natural a buscar estructuras boscosas. De manera antagónica el manejo tradicional y moderno de la ganadería trata de eliminar la sucesión vegetal de las praderas mediante la quema, los medios físicos y los herbicidas. Esta paradoja ha sido señalada Benavides²⁴. Pero entre los dos extremos en que se resumen los conflictos de uso de la tierra entre ganaderos y ambientalistas; potreros sin árboles por un lado y terrenos para recuperación de la cobertura vegetal natural sin animales por otro, existen puntos intermedios. El manejo de la sucesión vegetal dirigida es una forma de encontrar un camino en la mitad de estos extremos.

Al igual que en otras regiones de América tropical, en Colombia existen crecientes ejemplos empíricos de uso ganadero de esta estrategia, sin duda la reforestación más económica. En los últimos años se incrementaron también las investigaciones en este tema.

El manejo de la sucesión vegetal en áreas pastoriles se hace mediante la abolición de formas indiscriminadas de eliminar las plantas que aparecen invadiendo (recuperando) las praderas como quemadas, deshierbas mecánicas y aplicación generalizada de herbicidas. La vegetación y los animales hacen el resto en una primera etapa que puede durar entre tres y seis años dependiendo de la región. Varias especies son diseminadas por el ganado después de ser consumidas. Después se realizan podas selectivas y entresacas de madera hasta conformar de dos a tres estratos de vegetación compatibles con los pastos.

Desde este punto de vista se vislumbra la imperiosa necesidad de mayores avances no solo para la caracterización de los productos de algunas especies vegetales de la sucesión temprana adecuados para coexistir con la ganadería, o de árboles cuyos frutos y follajes sean consumidos por el ganado, sino trabajos integrales que generen estrategias económicas para transformación de las zonas de pastoreo en todas las regiones donde las actividades ganaderas se realicen.

3.3.5. Sistemas silvopastoriles de alta densidad arbórea. De acuerdo con Maldonado:

Existe un interés creciente en muchas zonas de Colombia por buscar la intensificación de la ganadería para incrementar la renta de las tierras de esta actividad en vista de los sucesivos retrocesos de la agricultura intensiva. Durante mucho tiempo los esfuerzos de investigación y transferencia se dedicaron casi con exclusividad a las gramíneas mejoradas y sus mezclas con leguminosas rastreras. En sectores más privilegiados por sus mejores suelos y distribución de la precipitación pluvial o por el riego artificial, se trabaja con pastos mejorados en rotación intensiva y alta fertilización química u orgánica. En el caso de la primera se han presentado problemas de intoxicación por nitritos y las dos prácticas de fertilización son objeto de nuevas reglamentaciones ambientales que buscan evitar la contaminación del agua.

²⁴ Benavides, J. Op. cit., p. 720

Para esto las autoridades ambientales han seguido el modelo de fijar impuestos a la contaminación a través de las denominadas tasas retributivas que ya tienen legislación vigente en el país²⁵.

Así mismo Sadeghian, Rivera y Gomez aseveran que

En la región cafetera central afectada por la crisis de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) y los bajos precios internacionales, varios miles de hectáreas de fértiles suelos derivados de cenizas volcánicas se transformaron en pastizales intensivos con sistemas ganaderos basados en altas cargas animales (10-15 animales/ha) y elevada fertilización química. Lamentablemente se evidencian en tan solo tres o cuatro años serios deterioros físicos como compactación, reducción de la conductividad hidráulica, daño en la estabilidad de los agregados del suelo; también imbalances químicos (excesos de potasio frente al magnesio y calcio) y pérdida de la actividad biológica²⁶.

La necesidad de multiplicar otras formas de intensificar la ganadería por vías más naturales es urgente. Los sistemas silvopastoriles intensivos son una solución con posibilidad de integrarse sin dificultades a esquemas de manejo más eficientes como la rotación con uso de la cerca eléctrica, cargas elevadas y suplementación con subproductos y sistemas de corte y acarreo (caña de azúcar, pastos de corte, arbustos forrajeros).

En este sentido es importante mencionar a la *Leucaena leucocephala* como lo afirman Cardona y Suarez quienes sobre esta especie mencionan que:

Esta especie por su calidad nutricional, fijación de nitrógeno, crecimiento, tolerancia a la sequía, adaptación al ramoneo es la especie utilizada con mayor éxito en sistemas silvopastoriles intensivos en las regiones tropicales y subtropicales. Al igual que en otros países de América como Cuba y Venezuela. En Colombia esta especie se está utilizando en forma creciente en sistemas silvopastoriles. Gracias a la existencia del banco de germoplasma de *L leucocephala* de CIAT se han realizado trabajos de adaptación de ecotipos a zonas de laderas en la región cafetera con resultados alentadores y persistentes en producción de leche y crecimiento de animales²⁷.

²⁵ Maldonado Jorge H. 1998. Tasas retributivas para el control de la contaminación del agua en Colombia. En: Contaminación y reciclaje en la producción porcina. Aspectos legales, técnicos y económicos. Fundación Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV - Asociación colombiana de porcicultores - Fondo nacional de la porcicultura. Cali - Colombia. p17-26.

²⁶ Sadeghian S, Rivera JM y Gómez M E 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.

²⁷ Cardona M C y Suárez S 1996. La *Leucaena leucocephala* en bancos de proteína y asociada a gramíneas. En: Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 58-72.

También Mahecha, Rosales y Molina²⁸ afirman que las nuevas experiencias en los valles interandinos del Magdalena y el Cauca sugieren una respuesta positiva a la inoculación con cepas específicas de *Rhizobium*. Para sistemas de pastoreo rotacional con alta densidad de árboles (10.000/ha) la inoculación acelera el primer pastoreo de seis a tres meses y permite cargas animales superiores a cuatro vacas de leche/ha/año. Estos trabajos permiten probar las ventajas del pastoreo intensivo con *Leucaena* y asociaciones de la misma con *Prosopis juliflora* y pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) sobre el monocultivo de pasto fertilizado con nitrógeno. Las diferencias a favor del silvopastoreo se evidencian en la disponibilidad de forraje y nutrientes y en la calidad de la pastura (Cuadro 2).

Cuadro 2. Disponibilidad de forraje y nutrientes en un sistema silvopastoril y en un monocultivo de *Cynodon plectostachyus*

	Disponibilidad Ton. MS/ha/a	PC Ton MS/ ha/año	EM Mcal/ha/a	Ca kg MS/ ha/año	P kg MS/ha/año
<i>Cynodon plectostachyus</i>	25.2		59472	90.72	80.64
<i>Leucaena</i>	4.3	1.1	10750	51.6	8.17
Algarrobo	0.4	0.05	NA	NA	NA
Sistema silvopastoril (total) ¹ sin fertilización química	29.9	4.15	70222	142.32	88.81
Monocultivo de <i>Cynodon plectostachyus</i> con 400 k/ha/año de urea	23.2 ²	2.5 ²	56876 ³	83.2 ³	74 ³

Fuente: Mahecha, Rosales y Molina, 1996

3.3.6 Sistemas de corte y acarreo: bancos de proteína puros, policultivos de corte, policultivos de varios estratos y múltiples usos. Los sistemas de corte y acarreo están difundidos por todo el mundo en desarrollo tal como lo menciona Sanchez²⁹, en especial en condiciones de predios pequeños, regiones montañosas o con dominio de la agricultura, en especial en países con alta población humana. Los sistemas de corte de morera (*Morus* sp) para alimentar gusanos de seda son milenarios en la China. En América Central se han identificado y caracterizado varias especies arbóreas y arbustivas utilizadas en sistemas de corte y acarreo para alimentación de cabras.

Benavides por su parte argumenta que:

En Colombia existe una importante trayectoria de investigación, transferencia y los trabajos empíricos con ganaderos y comunidades campesinas sobre sistemas de corte y acarreo para alimentación no solo de bovinos sino de otras especies domésticas de animales que incluyen cerdos, equinos, cabras, ovejas, búfalos, conejos, cuyes, aves criollas (gallinas, patos, pavos), peces y gusano

²⁸ Mahecha L, Rosales, M y Molina, C H.1998. Experiencias de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachyus* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica

²⁹ Sánchez, M.D, Op. cit., p. 54.

de seda. No todos tienen por exclusividad los árboles y arbustos forrajeros, ya que también hay desarrollo de otras plantas de tipo arbóreo con el fin de aprovechar su oferta de energía, energía-proteína, minerales o vitaminas como productos principales o subproductos³⁰.

3.4 IMPORTANCIA DE LOS ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS EN LA GENERACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

La elevada tasa de deforestación en los países tropicales (17 millones de ha año⁻¹) 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 en las emisiones de CO₂ y otros gases hacia la atmósfera, proceso que causa cambios climáticos globales contribuyendo a la pérdida de la biodiversidad en los bosques naturales y al desequilibrio de otros ecosistemas terrestres. En América Latina, el incremento de las áreas bajo pasto, muchas veces seguida por su pronta degradación, se manifiesta en deterioro ambiental y su impacto es muy fuerte debido a su gran extensión en toda la región.

Por esta razón, centros de investigación nacional e internacional, gobiernos y donantes tienen como prioridad en sus agendas la evaluación y valorización de alternativas silvopastoriles en el trópico, que enfocan tres campos principales de servicios ambientales generados por los árboles y arbustos forrajeros como son la restauración de suelos degradados y conservación del agua, secuestro de carbono y conservación de la biodiversidad

3.4.1 Restauración de suelos degradados y conservación de agua. Si tenemos en cuenta a Szott, Ibrahim y Beer:

El avanzado estado de degradación, de los suelos tropicales tienen un factor muy importante puesto que los árboles de uso múltiple juegan un rol importante en la restauración ecológica de estas, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera. Tratando de buscar eficiencia en la absorción de fósforo dentro de suelos ácidos, compactados y lixiviados, la restauración de su fertilidad y de sus propiedades físicas, la investigación actual hace énfasis en el estudio de procesos simbióticos entre bacterias u hongos fijadores de nitrógeno, hongos micorrízicos y las especies leñosas y no leñosas presentes en sistemas silvopastoriles³¹.

Estudios realizados en suelos ácidos (pH = 4.6), muestran que la integración de *Acacia mangium* en pasturas con *Brachiaria humidicola*, contribuye al mejoramiento de la calidad del forraje de *Brachiaria humidicola* y en el aumento del contenido de fósforo y nitrógeno

³⁰ Benavides, J.E, Op. cit., p. 576.

³¹ Szott L., Ibrahim, M. y Beer J. 1999. The Hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America, CATIE, Costa Rica (en edición).

del suelo, cuando se compara con el monocultivo de *B. humidicola*, tal como lo menciona Bolívar³². Adicionalmente durante la época lluviosa según afirma Esquivel:

La presencia de la fauna del suelo, en especial de las lombrices, es mas alta en suelos con 240 árboles ha-1 de *Acacia mangium*. En suelos fértiles, árboles leguminosos como *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* sembrados en hileras dentro de pasto *Brachiaria brizantha* alcanzaron niveles similares de densidad de lombrices y de contenido de nutrientes principales como el pasto mixto con la leguminosa herbácea *Arachis pintoii*, es decir, bajo condiciones favorables los sistemas silvopastoriles no son necesariamente superiores a pastos mejorados³³.

En zonas altas donde se encuentra la mayoría de los sistemas intensivos de producción de leche (1300 - 2500 msnm), el árbol *Alnus acuminata*, representa una especie prometedora para restaurar la fertilidad de suelos bajo pastos degradados, debido a su simbiosis con hongos micorrízicos y el actinomiceto *Frankia* (Russo 1990). Sin embargo, el manejo de este sistema con altos insumos de fertilizantes de nitrógeno (1000 kg ha-1 año-1) podría reducir la eficiencia de *Frankia*, como ocurre en el caso de la bacteria *Rhizobium*.

Por otra parte de acuerdo con Libreros:

Sistemas con pastoreo en callejones y cercas vivas incluyen frecuentemente especies leguminosas que son manejadas con podas dos a tres veces al año, con el objetivo de reducir la competencia entre árboles y pasto y recuperar los nutrientes acumulados en la hojarasca para el alcance del pasto. En un sistema de callejones con *E. poeppigiana* y *Pennisetum purpureum* manejada bajo corte y acarreo, el pasto produjo mas biomasa en comparación con pasto puro, sin embargo, la extracción de nutrientes con el pasto, sobre todo de fósforo, magnesio y potasio, no se podía recuperar con las podas de los árboles (83% Ca, 71% N, 41% P, 29% Mg, 19% K. Los sistemas de corte y acarreo son muy exigentes en nutrientes y para mantener la sostenibilidad del sistema se requiere fertilizaciones adicionales con productos químicos u orgánicos³⁴.

³² Bolívar, D.M., 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., CATIE, Turrialba, C.R.

³³ Esquivel, J., 1997. Efecto del componente arbóreo de un sistema silvopastoril sobre la distribución de nutrientes, biomasa microbial y densidad de lombrices en un suelo bajo pastoreo en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

³⁴ Libreros, H., 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa del king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) establecido en asocio. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

3.4.2 Los árboles y arbustos forrajeros en el secuestro de carbono. Según menciona Houghton:

En América Latina, entre los años 1850 y 1985 el cambio en el uso de la tierra generó una liberación neta de carbono (C) alrededor de 30 Pg C. Esta emisión se relacionó sobre todo con el incremento del área de pastos, las pasturas de baja producción en la zona Atlántica de Costa Rica causaron una pérdida de carbono orgánico del suelo entre 1,5 Mg ha⁻¹ y 21,8 Mg ha⁻¹, dependiendo del tipo de suelo. La selección de la especie de pasto juega un papel importante, como lo mostró; comparando una pastura de baja producción (*Axonopus compressus*) con otra de alta producción (*Brachiaria dictyoneura*) se determinó que la *Brachiaria* (12 Mg ha⁻¹ yr⁻¹) produjo el doble de la materia seca subterránea en comparación con el *Axonopus* (6 Mg ha⁻¹ yr⁻¹). La introducción de pastos mejorados puede reducir las emisiones netas de CO₂ en un 60 % después de cambiar un bosque por una pastura³⁵.

Por su parte Dixon³⁶ afirma que los árboles y arbustos forrajeros tienen dos beneficios principales para conservar C 1) almacenaje directo de C a corto y mediano plazo (décadas hasta siglos) en los árboles y el suelo y 2) reducción indirecta de la emisión de los gases invernadero causada por la deforestación y la agricultura migratoria. Sistemas silvopastoriles en comparación con pastos puros pueden conservar mejor la materia orgánica en los suelos, especialmente en suelos ácidos y pobres en nutrientes. Un sistema silvopastoril con *Acacia mangium* incrementó la materia orgánica significativamente en solo cinco años de pastoreo. Sin embargo, la simbiosis de este árbol con los hongos micorrízicos puede alterar este proceso.

También Kanninen *et al* dicen que: “En los trópicos, el depósito de Carbono por encima del suelo varía entre 60 a 230 t C/ha en bosques primarios y entre 25 a 190 t C en bosques secundarios, el depósito de C en el suelo varía entre 60 y 115 t C/ha. En SSP pueden contener depósitos de C similares a los de bosques secundarios. Estos depósitos de C son debido al almacenaje directo de C a corto-mediano plazo (décadas y hasta siglos) en los árboles de los SSP y a la conservación de la materia orgánica en los suelos, especialmente en suelos ácidos y pobres en nutrientes”³⁷.

3.4.3 Los árboles y arbustos forrajeros en la conservación de la biodiversidad.

Actualmente no existe mucha información sobre la importancia de los árboles y arbustos forrajeros en la conservación de la biodiversidad. Sin duda, la conversión de bosques en pasturas amenaza la sobrevivencia de muchas especies. Sin embargo, el impacto sobre la

³⁵ Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D.S., 1991. Changes in the landscape of latin América between 1850 and 1985. II. Net release of CO₂ to the atmosphere. *Forest Ecology and Management* 38, 173-199

³⁶ Dixon, R.K., 1995. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems* 31, 99-116

³⁷ Kanninen, M., Lopez, A., Schlönvoigt, A., Ibrahim, M., Kleinn, C., 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6(23), in press.

biodiversidad de los bosques podría ser menor, si los productores mantuvieran especies forestales o rodales de árboles en las pasturas, porque estos sirven como productores de semillas, fuentes de hábitat y alimentación de animales. Las especies forestales se usan principalmente como sombra para los animales o para madera, postes, leña, rompevientos o alimentos para aves. En los pastos es común la falta de la regeneración de las especies del bosque primario, debido al pastoreo y pisoteo de las plantas juveniles. Esto llevará necesariamente a la disminución de la diversidad de especies forestales y las especies dependientes de estas en los pastos, cuando los árboles adultos se mueran.

En este sentido Harvey argumenta que:

Linderos, cortinas rompevientos, 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 con el tiempo por la naturaleza. La composición de las especies depende de las condiciones ecológicas, las preferencias de los productores y no por ende de la disponibilidad de las semillas forestales. La conexión de diferentes linderos en forma de corredor influye sobre el movimiento de los animales y la dispersión de las plantas. Se puede de esta forma tener funciones de biocorredores, importantes en paisajes agrícolas caracterizadas por ecosistemas fragmentados³⁸.

Especialmente especies de plantas que evolucionaron en terrenos grandes sin perturbaciones marcadas, dependiendo de su dispersión por viento, requieren de estos corredores para su mayor difusión. Los sistemas silvopastoriles con árboles dispersos parecen ser limitados para lograr este objetivo, debido a que el libre pastoreo regularmente elimina la regeneración natural.

Cabe mencionar que el pago de incentivos por este servicio ambiental, probablemente podría cambiar actitudes en fomentar especies, cuyo valor económico no es tan relevante, pero cuyo valor para la conservación de la biodiversidad es incalculable.

3.5 ÁRBOLES CON POTENCIAL PARA LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Una de las mayores expresiones del largo proceso de evolución de la vida, es la diversidad genética de las plantas tropicales, cuyo número y taxonomía todavía no acaba de completar la ciencia. Los árboles multipropósito son ejemplo de un inmenso potencial natural en las regiones tropicales del mundo. Los árboles forrajeros son un ejemplo importante de ese potencial natural, que se magnifica en las regiones tropicales del mundo y que paradójicamente ha sido pobremente investigado, pese a la urgente necesidad de proteína para los animales domésticos que utiliza el hombre.

En el contexto evolutivo, la importancia de este grupo de plantas radica en la ventaja comparativa de haber desarrollado distintos mecanismos biológicos para la captación del

³⁸ Harvey, C.A., Haber, W.A., Mejias, F., Solano, R., 1998. Remnant trees in Costa Rican pastures. Tools for conservation? *Agroforestry Trees* July-Sept. 1998, 7-9.

nitrógeno atmosférico que circula en los poros del suelo y de otros minerales que limitan el desarrollo de plantas en suelos tropicales (normalmente de fertilidad limitada) como el fósforo

3.5.1 Apreciación de las especies de árboles y arbustos forrajeros para la alimentación animal. Entre los puntos más importantes a tener en cuenta para considerar una especie con potencial para la alimentación animal tal como menciona Benabides³⁹ se puede mencionar:

a) La aceptación del animal; es decir su gusto o apetencia por una determinada especie arbórea.

b) Identificación de las especies comúnmente utilizadas por los habitantes de una determinada región para la alimentación animal; es decir documentar el saber tradicional en cuanto a este tema.

c) Observación del comportamiento de especies foráneas introducidas con potencial para la alimentación animal

d) Caracterización físico química de los materiales determinados con potencial para ser utilizados como fuente de alimentación animal, así como la consulta con respecto los avances en investigación sobre el comportamiento animal y digestibilidad de las especies identificadas

e) Aspectos agroforestales: propagación, distancias de siembra, producción de biomasa, capacidad de rebrote, intervalos de corte, alturas de corte, sistemas de cosecha, asociación con otras especies (vegetales y animales), incidencia de plagas, enfermedades y su control, persistencia a través del tiempo, fertilización, adaptación y rusticidad, evaluación de diversidad genética. Sistemas multiestrato, aportes al microclima, la oferta de agua superficial y captación de gases atmosféricos.

f) Pruebas de consumo (cafetería): pruebas biológicas sencillas que estudian la conducta de los animales a través del consumo voluntario de follajes arbóreos poco conocidos, permiten en poco tiempo identificar la presencia o no de factores del metabolismo secundario limitantes de la digestión o de otras funciones orgánicas del animal

Adicionalmente, al establecer un sistema silvopastoril se deben considerar algunas características de la especie arbórea como: altura, frondosidad, diámetro de la copa (arquitectura), permanencia del follaje y producción de frutos y semillas. También es importante la distribución de los árboles en el campo que debe ser orientada respecto al recorrido del sol para permitir una mayor entrada de luz a la pradera

De otra parte es importante destacar la importancia de la apreciación de los árboles y arbustos forrajeros desde el punto de vista de su composición vertical o sea de los niveles nutrimentales contenidos en cada una de las estructuras que forman parte integral de la planta y de las cuales depende en gran medida su potencial en la alimentación animal

³⁹ Benabides, J. Op. cit., p. 435.

En este sentido Preston y Leng, argumentan que

El follaje de árboles con uso forrajero se caracteriza por tener un alto contenido de proteína cruda (hasta 35%), el doble o aún más del de las gramíneas tropicales y además contienen fibra larga, nitrógeno no proteico (NNP), proteína y grasa. Sin embargo, su digestibilidad es relativamente baja (entre 50-60%) comparada con los forrajes herbáceos. Cabe mencionar que la fibra larga, el NNP y una cantidad variable de la proteína, consumidos en el forraje arbóreo, son fermentados y utilizados como nutrimentos por la flora ruminal. Una parte de la proteína puede estar ligada a compuestos antinutricionales, llamados taninos y fenoles condensados, que le permiten escapar, con la grasa, a la fermentación ruminal, por lo cual su forraje puede ser fuente importante de proteína y de energía sobrepasantes, siempre que se logre un balance apropiado de nutrimentos en el ecosistema ruminal⁴⁰

Una cantidad variable de la proteína ligada a compuestos antinutricionales puede sobrepasar el aparato digestivo y salir inalterada en la heces (indigerible). Además, ciertos compuestos antinutricionales, presentes en el forraje de algunas especies, pueden ser tóxicos para la flora (bacterias y hongos) o para la fauna (protozoarios) ruminales tal como lo mencionan Botero y Russo⁴¹.

Las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si ocurre en la mayoría de las gramíneas tropicales utilizadas para el pastoreo. De allí que Botero y Russo argumentan que:

La mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo. Existe un número considerable de especies forrajeras arbóreas nativas e introducidas adaptadas a un amplio rango de zonas agroecológicas. En su mayoría son especies perennes, con excepción de varios ecotipos de guandul (*Cajanus cajan*), *Codariocalyx gyroides* y *Sesbania sesban* que se comportan como semi-perennes. Las especies que han resultado persistentes y productivas en diversos sistemas agropecuarios y con posibilidad de ser el componente arbóreo en un SSP en las regiones tropicales se enumeran en el Cuadro 3⁴²

⁴⁰ Preston, T.R. y R.A. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Condit. Cali, Colombia. 312 p.

⁴¹ Botero, R. y R.O. Russo. 1997. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. In III Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. R. Tejos, C. Zambrano, M. Camargo L.E. Mancilla W. García (eds.). UNELLEZ, Barinas, 20-22 de febrero de 1997. pp. 49-63.

⁴² Ibid., p. 47

CUADRO 3. Principales arbustos y árboles forrajeros y con uso actual o potencial como componente arbóreo en sistemas silvopastoriles en zonas tropicales

ÁRBOLES FORRAJEROS	Nombre común	Familia
<i>Acacia farnesiana</i>	Aromo	Mimosaceae
<i>Aeschynomene</i> spp.	Clavellina	Mimosaceae
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso, jaúl	Betulaceae
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón	Moraceae
<i>Cajanus cajan</i>	Gandul	Papilionaceae
<i>Calliandra calothyrsus</i>	Caliandra	Mimosaceae
<i>Cassia moschata</i>	Cañofistolo	Caesalpinaceae
<i>Cassia fruticosa</i>	Candelillo	Caesalpinaceae
<i>Cassia siamea</i>	Matarratón ext.	Caesalpinaceae
<i>Cassia spectabilis</i>	Vainillo	Caesalpinaceae
<i>Clitoria fairchildiana</i>	Barbasco	Papilionaceae
<i>Codariocalyx gyroides</i>	Codariocalis	Papilionaceae
<i>Cratylia argentea</i>	Cratilia	Papilionaceae
<i>Crescentia cujete</i>	Jícaro	Bignoniaceae
<i>Desmodium velutinum</i>	Desmodio	Papilionaceae
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	Mimosaceae
<i>Erythrina berteroana</i>	Poró de cerca	Papilionaceae
<i>Erythrina cochleata</i>	Poró	Papilionaceae
<i>Erythrina edulis</i>	Chachafruto	Papilionaceae
<i>Erythrina fusca</i>	Pízamo	Papilionaceae
<i>Erythrina lanceolata</i>	Poró	Papilionaceae
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Cámbulo	Papilionaceae
<i>Erythrina variegata</i>	Poró bragado	Papilionaceae
<i>Flemingia macrophylla</i>	Flemingia	Papilionaceae
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón	Papilionaceae
<i>Gmelina arborea</i>	Melina	Verbenaceae
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo	Ulmaceae
<i>Hibiscus rosasinensis</i>	Amapola	Malvaceae
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Mimosaceae
<i>Mimosiopsis quitensis</i>	Guarango	Mimosaceae
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	Moringaceae
<i>Morus alba</i>	Morera	Moraceae
<i>Pithecellobium dulce</i>	Chiminango	Mimosaceae
<i>Pithecellobium longifolium</i>	Sotacaballo	Mimosaceae
<i>Prosopis juliflora</i>	Mezquite	Mimosaceae
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Iguá	Mimosaceae
<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba	Myrtaceae
<i>Sesbania sesban</i>	Sesbania	Papilionaceae
<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo	Anacardiaceae
<i>Spondias purpurea</i>	Jobo	Anacardiaceae
<i>Tithonia diversifolia</i>	Botón de oro	Asteraceae
<i>Trichantera gigantea</i>	Nacedero	Acanthaceae
<i>Urera basifera</i>	Ortiga	Urticaceae

Como sus raíces son más profundas que las de una pastura de gramíneas pueden bombear nutrientes de capas subsuperficiales del suelo. La caída de hojas, frutos y ramas es un aporte constante de materia orgánica al suelo, que posterior a su descomposición y mineralización, pueden ser absorbidos por plantas con raíces más superficiales. Sin embargo, el proceso de extracción, acumulación y descomposición de nutrientes es más lento en las leñosas que en las plantas herbáceas.

En este orden de ideas Rosales argumenta que:

Muchas especies leñosas, no solo las leguminosas, establecen relaciones simbióticas con microorganismos fijadores de nitrógeno atmosférico (*Rizobium*). También la formación de micorrizas entre sus raíces y los hongos del suelo son muy frecuentes en las leñosas arbóreas. Estas asociaciones juegan un papel relevante en la movilización de nutrientes, haciéndolos más disponibles para la planta huésped. A pesar de esto, el potencial de crecimiento anual de los árboles es menor que en las especies herbáceas, con excepción de las especies de rápido crecimiento tales como *Erythrina*, *Sesbania* o *Gliricidia*.

A pesar del extenso número de especies arbóreas con potencial forrajero, la investigación y utilización se ha focalizado en un número relativamente reducido de géneros tales como *Leucaena*, *Gliricidia*, *Erythrina*, *Sesbania* y *Acacia* y más recientemente la investigación se ha extendido a otros géneros tales como *Trichantera*, *Cratylia*, *Tithonia* e *Hibiscus*. Los inventarios superan las 200 especies solo en América Central, lo que demuestra una alta diversidad de especies. Sin embargo, dicho autor es de la opinión que aunque la lista es extensa, para la mayoría de ellas no se conoce una información cuantitativa de su contribución a la producción animal y que el valor real como alimento se conoce sólo para un limitado grupo de especies⁴³.

Esto refleja la falta de conocimiento del valor nutritivo de la mayoría de árboles y arbustos forrajeros y destaca la necesidad de evaluar estos materiales. Rosales⁴⁴ argumenta que una forma eficiente de hacer un uso más amplio de la diversidad de especies arbóreas como proveedores de forraje para animales es utilizar mezclas de forrajes y las asocia con la reducción de los efectos tóxicos de un forraje en particular, con efectos sinérgicos a nivel digestivo de los componentes de la mezcla o con un incremento en la variedad y palatabilidad de la dieta, lo cual tiene mucho sentido a la luz de las tendencias actuales de diversidad y sinergismo de la agricultura biodinámica.

⁴³ Rosales, M. 1997. Uso de la diversidad forrajera de árboles y arbustos. Memorias en disquette del V Seminario-Taller Internacional "Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria" y I Seminario Internacional sobre "Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico" Cali, Colombia. 31 de julio al 3 de agosto de 1997. s.p.

⁴⁴ Ibid., sp.

La cantidad de biomasa producida por los árboles forrajeros en un sistema silvopastoril será función de la densidad de plantación, frecuencia de corte y altura a la que se regule el corte. La remoción total o parcial del follaje también puede influir en el período de recuperación. Considerando que densidades altas interferirán en el desarrollo normal de la pastura asociada, es necesario tener en cuenta que las cifras de producción serán relativamente menores comparadas con un banco forrajero de proteína. Densidades de 60 a 120 árboles/ha no causan efectos mayores a la pastura: sin embargo, densidades mayores provocarán mayor sombreo con disminución de la productividad de la pastura.

En un trabajo pionero sobre la influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje asociado, Daccarett y Blydenstein⁴⁵ encontraron que la producción de las gramíneas de cobertura del estrato inferior de las silvopasturas, solo disminuyó significativamente cuando la intercepción de luz por parte de las copas de los árboles superó el 50%, resultados que se pueden apreciar en el siguiente cuadro

Cuadro 4. Intercepción de luz, producción y calidad de pasto a cielo abierto y bajo sombra de árboles leguminosos y no leguminosos.

Especie	Altura de árboles (m)	Cobertura arbórea (%)	Intercepción de luz (%)	M.S. Pasto (g/m ²)	P.C. Pasto (%)	F.C. Pasto (%)
<i>Erythrina poeppigiana</i>	15	51	56	639	8.4	29.2
<i>Gliricidia sepium</i>	6.1	17.5	34.4	639	6.5	29.7
<i>Pithecellobium saman</i>	5.1	12.2	18.8	720	6.7	29
<i>Cordia alliodora</i>	5.5	5.4	6.1	752	6.2	29.9
Pradera testigo		0	0	750	6	31.9

M.S. materia seca, P.C. proteína cruda, F.C. Fibra cruda, * dominancia de *Panicum maximum*. Fuente: Adaptado de Daccarett y Blydenstein (1968).

Ramírez trabajando en la Reserva Natural El Hatico, en Colombia encontró que *Cynodon plectostachyus*, asociado con *Leucaena leucocephala* y con *Prosopis juliflora*; incrementa la producción total de forraje verde en un 29% en promedio, y la materia seca comestible un 55%, sobre el sistema de la gramínea en monocultivo (Cuadro 5). Además, observó que el forraje de gramíneas que se produce bajo las especies arbóreas tiene mayores contenidos de proteína y contenido celular que el producido bajo condiciones de monocultivo.

⁴⁵ Daccarett, M. y J. Blydenstein.1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. Turrialba (Costa Rica) 18(4):405-408.

Cuadro 5 Comportamiento agronómico de la producción de biomasa de *C. plectostachyus* a diferentes densidades de siembra

Variable / Tratamiento	A	B	C
Forraje Verde, ton/ha/año	108.4	121.4	81.7
% de Materia Seca	30.9	31.6	28.4
<i>C. plectostachyus</i> (ton M.S./ha/año)	33.4	38.3	23.2

A - *C. plectostachyus* con *L. leucocephala* (10000 plantas/ha), *P. juliflora* (10 árboles/ha)

B - *C. plectostachyus* con *P. juliflora* (18 árboles/ha) + 800 kg urea/ha/año

C - *C. plectostachyus* en monocultivo: 800 kg urea/ha/año.

Fuente: Ramírez (1997).

También se observa que bajo la asociación *C. plectostachyus*, *L. leucocephala* y *P. juliflora*, manejada sin fertilización nitrogenada, se obtiene un rendimiento de biomasa total del sistema, 69% mayor al alcanzado cuando se maneja ésta gramínea en monocultivo con fertilización de 800 kg de urea/ha/año

3.6 EL PAPEL DE LOS ARBOLES FIJADORES DE NITROGENO EN LA CONSERVACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO

Montagnini argumenta que:

En la rehabilitación de suelos degradados se han recomendado proyectos de reforestación y sistemas agroforestales. Sin embargo, es común el fracaso de estas plantaciones debido a la baja disponibilidad de nutrientes (principalmente fósforo y nitrógeno) y a las deficientes condiciones físicas de los suelos. La deficiencia de nitrógeno en el suelo puede superarse mediante la fijación biológica de nitrógeno (FBN) que ocurre en nódulos radiculares de algunos géneros de plantas angiosperma que establecen simbiosis con ciertos microorganismos del suelo⁴⁶

3.6.1 Importancia de la dinámica árbol bacteria suelo. Existen dos tipos principales de simbiosis fijadoras de nitrógeno, las leguminosas que establecen asociación con bacterias de los géneros *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Synorhizobium*, *Azorhizobium* y *Mesorhizobium* y las plantas actinorrizas que lo hacen con bacterias filamentosas (actinomicetes) del género Frankia.

Werner sostiene que: “La familia Leguminosae contiene más de 200 géneros y 17.000 especies de árboles, arbustos y plantas. Las actinorrizas incluyen más de 200 especies pertenecientes a 8 familias y 25 géneros, siendo todos árboles o arbustos a excepción del género *Datisca*”⁴⁷.

⁴⁶ Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales- Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica.

⁴⁷ Werner, D. 1992. Symbiosis of plants and microbes. Ed. Chapman & Hall, Cambridge, 389 pp.

Se ha confirmado según Brewbaker *et al*⁴⁸, la nodulación radicular en 648 especies de árboles y arbustos, los cuales se supone que fijan nitrógeno; 520 especies corresponden a leguminosas pertenecientes a las subfamilias Mimosoideae (321 especies), Papilionoideae (173 especies) y Caesalpinioideae (26 especies); 117 especies son actinorrizas leñosas pertenecientes a las familias Betulaceae (38 especies), Casuarinaceae (20 especies), Coriariaceae (16 especies), Elaeagnaceae (10 especies), Myricaceae (14 especies), Rhamnaceae (14 especies) y Rosaceae (5 especies) y el resto a no-leguminosas de la familia Ulmaceae que establecen simbiosis con rizobios.

Por otra parte de acuerdo con Dawson: “La asociación con ciertos hongos del suelo formando endo- y ecto-micorrizas mejora la absorción de agua y la asimilación de fósforo y de otros nutrientes, ayudando también al establecimiento temprano de estos árboles en sitios marginales. Los AFN suelen ser especies pioneras en estadíos tempranos de la sucesión y pueden colonizar sitios bajo intenso disturbio como aquellos afectados por inundaciones, incendios, deslizamientos de tierra, actividad glacial y erupciones volcánicas”⁴⁹.

Para Werner:

Los AFN incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica hecho al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio⁵⁰.

Los arbustos y árboles pueden mejorar las condiciones físicas del suelo (porosidad y densidad aparente). Su efecto de descompactación es positivo y relevante en áreas degradadas, a causa de la compactación del suelo, ocasionada por la mecanización y/o por el pisoteo continuo del ganado. Un caso común son las pasturas abandonadas en el trópico húmedo

⁴⁸ Brewbaker, J. L., K. B. Willers & B. Macklin. 1990. Nitrogen fixing trees: validation and prioritization. Nitrogen Fixing Tree Research Report 8: 8-16.

⁴⁹ Dawson, J.O.1990. Interaction among Actinorhizal and associated plant species. En: The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants. Schwintzer C. R. & J. D. Tjepkema, Ed. cademic Press, San Diego, pp 299-316.

⁵⁰ Werner, Op. cit., p. 278.

3.6.2 Importancia de la dinámica árbol animal medio ambiente. Según menciona Kanninen⁵¹, la degradación física, la química y la biológica son las principales formas de degradación del suelo; las causas pueden ser naturales o debidas a la intervención del hombre. Algunos suelos son naturalmente susceptibles a sufrir degradación y por ello resultan menos aptos para la producción agropecuaria; son ejemplos de ello los suelos salinos, los fuertemente ácidos, los arenosos, los superficiales, los lateríticos, los compactados, los hidromórficos, las arcillas expansibles y las laderas de pendiente pronunciada, entre otros.

En este sentido Botero⁵² destaca la importancia del papel de los árboles y arbustos forrajeros en la rehabilitación de suelos afectados por erosión, por limitaciones físicas y químicas y por otras formas de degradación, existen infinidad de especies con aptitud para establecerse en suelos degradados lo cual representa un alto valor económico e invaluable valor ecológico.

La presencia de variados tipos y calidades de forrajes según Provenza:

Permite a los animales variar su dieta y de esta manera poder balancear su dieta de acuerdo a sus requerimientos y potencial, que se puede reflejar en mayor nivel de producción. Esta posibilidad de seleccionar la dieta adecuada no existe en los monocultivos de gramíneas. El término "ecología nutricional" se sugiere para referirse a este esfuerzo de proporcionar el tipo o la variedad de forraje y/o alimento que permita al animal en cuestión variar por si mismo su dieta respondiendo a estímulos metabólicos de retroalimentación⁵³.

De otra parte, Young⁵⁴ argumenta que el micro-clima que se crea bajo los árboles beneficia también a los animales que se mantienen más frescos a la media sombra que bajo el fuerte sol tropical. Aunque en las condiciones de pastoreo en praderas artificiales, los bovinos tienden a pastar preferiblemente en las horas más frescas, ciertamente su consumo se ve limitado tanto por razones de regulación del balance térmico como por restricciones del horario de pastoreo. En el ganado, debido al microclima que se establece bajo los árboles, se reduce la pérdida de energía destinada a la regulación térmica y reduce el consumo de agua, lo que en condiciones extremas permite aumentar la eficiencia de conversión de los alimentos.

⁵¹ Kanninen, M. 2001. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO.

⁵² Botero, Op. cit., p. 15

⁵³ Provenza, F.D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. J. Anim. Sci. 74:2010-2020. Reynolds, S.G. 1995. Pasture-Cattle-Coconut systems. FAO, Rome, 668p.

⁵⁴ Young, A. 1997. Agroforestry systems for soil management. 2nd. ed. CAB International, New York, USA. 320 p. Cow at evening / la vaca. Imagen tomada por Ferran, Licencia Creative commons. Algunos derechos reservados.

La presencia de árboles afecta la dinámica del agua de varias formas: actuando como barreras, las cuales controlan la escorrentía; como cobertura, la cual reduce el impacto de gota, y como mejoradores del suelo, incrementando la infiltración y la retención de agua.

En este orden de ideas Rhoades afirma que:

Pasturas bien manejadas con bajas presiones de carga animal, lo cual mantiene una buena cobertura a través del año son muy eficientes en la captación de agua. Los bosques de galería en las riveras de corrientes de aguas naturales y artificiales o parches de bosque en las pendientes, mejoran la infiltración de agua dentro del suelo, mejoran la estabilidad de los taludes, disminuyendo el riesgo de erosión. Las tasas de evapotranspiración son mas bajas en sistemas de pasturas sombreadas que en pasturas puras, especialmente donde estas están expuestas a fuertes vientos. Esto conlleva a una mayor humedad del suelo bajo las copas de los árboles comparados a suelos bajo pasturas a campo abierto. A medida que crecen los árboles el impacto positivo sobre la humedad del suelo puede incrementarse⁵⁵.

Por otra parte Ibrahim *et al.*⁵⁶, aseveran que bajo condiciones climáticas tropicales de precipitaciones con eventos erosivos de alta frecuencia e intensidad, una cuenca hidrográfica sin cobertura vegetal está más expuesta al impacto de gota, lo cual podría causar severos efectos erosivos. Esto puede agravarse cuando las pasturas son sometidas a fuertes presiones de pastoreo (alta carga animal) que exponen el suelo y conducen a la formación de cárcavas, compactación del suelo y por lo tanto a una disminución de las tasas de infiltración y a pérdida de suelo por efecto de la escorrentía. En algunos casos resulta en erosión severa y sedimentación de cuerpos de agua y presas hidroeléctricas.

Un manejo adecuado de las pasturas en el trópico debería incluir la introducción del componente arbóreo, o alternar al menos con fragmentos de bosque en aras de sostener la base productiva para satisfacer las necesidades humanas y simultáneamente conservar su integridad.

Los arbustos y árboles crean un microclima favorable para los animales en pastoreo (sombra, menor radiación y menor temperatura). La intensidad de su sombra depende de la densidad y orientación de los surcos de árboles y del diámetro y estructura de sus copas. Para evitar la sombra refleja, que reduce la eficiencia fotosintética de los forrajes o cultivos de cobertura, las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol -de oriente a occidente-

⁵⁵ Rhoades C; Eckert G. and Coleman, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. *Restoration ecology* 6 (3): 262 - 270.

⁵⁶ Ibrahim, M.; Beer, J.; Harvey, C.; 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. p. 80-87

En este sentido Botero⁵⁷ sostiene que la sombra protege a los animales del calor excesivo causado por la radiación solar directa y les permite mantener su temperatura corporal en un rango confortable. Los cambios en el balance térmico, que se logran con una menor temperatura del aire, comparada con la temperatura corporal del animal, le permiten un mayor consumo de alimento.

3.7 PRINCIPALES ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS UTILIZADOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE ARREGLOS SILVOPASTORILES

3.7.1 Mataratón. De acuerdo con Escobar⁵⁸ el matarratón responde al Nombre científico: *Gliricidia sepium*, Nombres comunes: matarratón, madero negro, madre de cacao, varita de San José, piñón florido, piñón de cuba, baba, balo. Su propagación se realiza por semilla y por estaca.

Figura 1 Matarratón (*Gliricidia sepium*) en un arreglo de banco de proteína



Fuente: Escobar, 1998

El mismo autor⁵⁹ describe los sistemas de siembra así:

a) siembra directa: Para establecer bancos proteícos, las estacas se siembran directamente en el lote definitivo, de 60 o 70 cm. de longitud y 3 a 4 cm. de diámetro, se dejan 15 cm. bajo tierra, es conveniente hacer bisel para acelerar la germinación. Puede utilizarse semilla, en cuyo caso se depositan 2 semillas por sitio a una profundidad de 2 cm., se inoculan semillas con el rizobium específico a fin de que haya fijación de nitrógeno. Una limitante de la siembra directa con semilla es la competencia que pueden encontrar las

⁵⁷ Botero, Op. cit., p. 16

⁵⁸ ESCOBAR, A. 1998. Los árboles en los sistemas silvopastoriles. In: R.Tejos, C. Zambrano, L. Mancilla, W. García, M. Camargo, (Eds). Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal (Barinas, Venezuela). UNELLEZ, Barinas, Venezuela. pp. 1-14

⁵⁹ Ibid., p. 13

nuevas plántulas con la vegetación de arvenses en el lote, por tanto, cuando se emplea este material de siembra es recomendable realizar fase de vivero.

b) fase de vivero: Es una alternativa para llevar al campo plántulas vigorosas que puedan competir con la vegetación existente, en este caso se emplean bolsas negras de 21x13cm, se usa como sustrato una mezcla 3 a 1 de suelo-gallinaza descompuesta, u otro similar según disponibilidad local, 2 semillas en cada bolsa. El trasplante se realiza a los 2 o 3 meses dependiendo del vigor y desarrollo de las plántulas, en las condiciones de la zona a esta edad alcanzan una altura de 20 a 25 cm.

La distancia de siembra en el sitio definitivo, independiente del material de siembra empleado, es de 1x 1m. para obtener densidades de 10.000 plantas por ha. Es necesario que los lotes destinados a esta arbórea no se encharquen, el matarratón no tolera la humedad en exceso. El ahoyado, en el caso de la siembra directa con estaca es de 15 cm. de profundidad, debe emplearse un implemento como barra o palín para no dañar el extremo de la estaca, enterrar la estaca a presión impide la germinación o baja el porcentaje de esta. En el caso de trasplante, el tamaño del hoyo es similar al de la bolsa. Un pase de guadaña es suficiente como práctica de control de la vegetación de arvenses, no es necesario remover el suelo con maquinaria, a veces el plateo del sitio de siembra es lo recomendado, eventualmente puede emplearse traperos químicos.

Durante la etapa de establecimiento un pase de guadaña o un plateo es suficiente para controlar la vegetación, luego el desarrollo foliar de la planta se encarga de controlarla. El primer corte se debe hacer entre los 6 y 8 meses después la siembra, más tarde cuando se emplea estaca como material de multiplicación, la observación permanente del desarrollo de la plantación es un buen indicador, se recomienda utilizar tijera podadora para hacer el corte, el machete propicia desgarramiento de los tallos lo que va en contra de la persistencia del cultivo. La altura de corte es de 1.0 a 1.20 m., es conveniente dejar algunas ramas con el fin de que la recuperación sea más rápida.

3.7.2 *Leucaena leucocephala.*

Castillo⁶⁰ realiza una descripción botánica y agronómica de la siguiente manera: Nombre científico: *Leucaena leucocephala*, Nombre común: acacia forrajera, acacia pálida, acacia, leucaena, aroma blanco, tamarindo silvestre, zarza, acacia blanca, carbonero blanco.

Material de siembra: Esta leguminosa se reproduce por semilla, se puede hacer siembra directa en campo, sin embargo, la presencia de vegetación arvense puede limitar el rápido establecimiento por lo que se recomienda hacer fase de vivero, se emplea bolsa negra de 21x 13 cm. con un sustrato en proporción 3 a 1 de suelo- gallinaza u otro abono orgánico descompuesto. Se depositan 2 semillas por bolsa, es conveniente dejar las semillas en

⁶⁰ CASTILLO, E.1997. Manejo de la *Leucaena leucocephala* para la producción de carne bovina. / E. Castillo. Instituto de Ciencia Animal. SitioWeb de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos.

remojo por 24 horas para facilitar la germinación, las semillas se inoculan con el rizobium específico, la duración de esta fase es de 45 a 60 días, alcanzan una altura de 30 a 40 cm. encontrándose listas para trasplantar.

Figura 2 *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) en un arreglo silvopastoril para pastoreo controlado



Fuente: Castillo, 1997

Siembra: El tamaño de hoyo es igual al de la bolsa, se hace preparación solo del sitio de siembra, no es necesario remover el suelo a no ser que sea absolutamente indispensable, se emplea guadaña o platico del sitio, la distancia recomendada es de 1x1m. Durante la fase de establecimiento un pase de guadaña y/o un platico es suficiente para controlar la vegetación indeseada. El primer corte se realiza después de los 8 meses, a una altura de 1.0 a 1.20 m.

3.7.3 *Trichantera gigantea*

Nombre común: yátago, quiebrabarrigo, cajeto, aro, madre de agua, cenicero, pan santo

Figura 3 Nacedero (*Trichantera gigantea*)



Fuente: Escobar, 1998

Según Escobar⁶¹: Esta forrajera no es leguminosa, se emplean estacas de 2 a 3 cm. de diámetro con 2 a 3 yemas de las cuales una queda bajo tierra, se hace fase de vivero en bolsas de medio kilo, este procedimiento garantiza el trasplante de plántulas vigorosas. También puede hacerse siembra directa empleando estacas de 0.80 a 1.0 m. dejando bajo suelo 15 a 20 cm. esta opción de siembra exige que los lotes dispongan de agua, las orillas de fuentes de agua pueden ser utilizadas.

El trasplante de las plántulas del vivero al sitio definitivo se hace a los 2 o 3 meses dependiendo del desarrollo y vigor, se hacen hoyos de 15x15cm. en distancias de 1x1m., adicionar abono orgánico más roca fosfórica en proporción de 3 a 1 es una buena práctica para garantizar un adecuado desarrollo del cultivo. Las labores de mantenimiento son similares a las descritas en matarratón. Después de los 8 meses se puede realizar el primer corte a una altura de 1.0 a 1.20 m., se recomienda usar tijera podadora para manejar la arquitectura de la planta y dejar una superficie lisa sin astillas que prevenga daño por enfermedades, dejar algunos gajos es recomendable para la pronta recuperación.

3.7.4 *Morus sp.*

Nombre común Morera.

Figura 4 Morera (*Morus sp*)



Fuente: Benavides, 2000

Según Benavides⁶²: Es otro recurso forrajero con gran potencial para la alimentación animal no solo de rumiantes sino de monogástricos. No corresponde la familia de las

⁶¹ Escobar, Op. cit., p. 10.

⁶² BENAVIDES, J. E. 2000. La morera un forraje de alto valor nutricional para la alimentación animal en el trópico. Pastos y Forrajes 23(1):1-14.

leguminosas, La morera ha sido el alimento tradicional del gusano de seda. La propagación se puede hacer por semilla, produce un fruto comestible del cual se pueden extraer, sin embargo, por el fácil manejo y consecución de material vegetativo, la multiplicación por estacas es lo recomendado. Es deseable hacer fase de vivero para su establecimiento, aunque la siembra directa se puede hacer, esta decisión depende de la agresividad de la vegetación no deseada en el sitio definitivo. Se emplean bolsas de media libra llenadas con una proporción 3 a 1 de suelo más abono orgánico descompuesto, se recomiendan estacas de 2 cm. de diámetro y 2 a 3 yemas de las cuales una queda bajo tierra, con el fin de acelerar la germinación se recomienda pelar (raspar) la parte bajo suelo, se puede hacer la siembra sin realizar esta práctica, sin embargo, cuando se hace el raspado, a los 27 días el porcentaje de germinación es del 90% frente al 20% sin pelar.

El trasplante se hace a los 2 meses cuando la planta alcanza una altura de 25 a 30 cm. y muestre buen desarrollo y vigor. El tamaño del hoyo es tan ancho como el de la bolsa por 15 cm. de profundidad, se aplica una mezcla 3 a 1 de estiércol descompuesto y roca fosfórica, la distancia entre plantas es de 0.70 m. y de 1.0 m. entre hileras para tener 14.200 plantas/ha., al igual como en las otras arbóreas descritas en este documento, no se requiere remover el suelo fuera del sitio de siembra, los controles de la vegetación durante el establecimiento se limitan a 1 o 2 pases de guadaña de espalda, el rápido desarrollo de la plantación es suficiente para establecer un equilibrio con las arvenses sin causar efectos negativos.

El primer corte se realiza a los 6 meses del trasplante, a esta edad tiene una altura de 1.20 a 1.50 m., la altura desde el suelo para el corte es de 15 a 20 cm., esta altura es preferible para favorecer el rebrote de abundante cantidad de follaje con tallos tiernos 100% comestible, a mayor altura de corte el tallo se lignifica demasiado disminuyendo la cantidad de forraje aprovechable. El empleo de tijera podadora, es conveniente para dirigir la arquitectura de la planta y prevenir las enfermedades al mantener una superficie de corte lisa.

3.7.5 *Manihor esculenta*

Nombre común: Yuca forrajera

Figura 5 Yuca forrajera (*Manihor esculenta*)



Fuente: Estrada, 2002

Según Estrada⁶³: Si bien desde hace muchos años la hoja de yuca semaneja con éxito en la suplementación de raciones para bovinos, la experiencia que se reporta en este escrito es su comportamiento como forraje perenne manejado bajo corte para utilizar solamente el follaje. Realmente no existen variedades forrajeras, aunque hay ecotipos que producen una mayor cantidad de biomasa aérea, es el sistema de manejo el que la califica como tal. Para la siembra se utilizan estacas (cangres), de 30 cm. de longitud, se dejan 15 cm. bajo tierra de manera inclinada, también se puede sembrar la estaca de modo vertical (parada), o el sistema que tradicionalmente emplea el productor en cada zona, los resultados obtenidos son similares en cuanto a la producción de forraje. La distancia entre plantas fue de 0,70 m. por 1.0 m. entre calles para una densidad de 14.200 plantas, pueden emplearse densidades de 40.000 plantas omás, sin embargo, nuestra experiencia indica que dejar 1.0 m. entre calles facilita las labores de corte y acarreo y demás prácticas culturales. La preparación del suelo es similar a la realizada para las otras arbóreas descritas en este boletín, solo se perturba el sitio de siembra, aplicar abono orgánico descompuesto mas roca fosfórica en proporción de 3 a 1, el control de la vegetación se lleva a cabo con guadaña manual.

El primer corte, dependiendo del desarrollo y vigor, se hace a los 3 a 4 meses de la siembra a una altura de 0.40 m. del suelo, el corte puede hacerse de manera manual, no se produce daño en el tallo que impida el rebrote posterior; los cortes siguientes se realizan un poco por encima del primero y así sucesivamente, en la yuca, cada vez que se hace un corte, el tallo se bifurca lo que promueve una mayor producción de biomasa. Las experiencias obtenidas en el manejo de este recurso como forraje perenne, nos indican que después de un año de manejo intensivo, es decir, cortes cada 6-8 semanas, hacer un soqueo a ras del suelo favorece el desarrollo de nuevas plantas vigorosas

3.5.6 *Erythrina poeppigiana*.

Nombres comunes: pito, pito extranjero, poró, poró, gigante, poró extranjero, poró de sombra

Figura 6 Poró (*Erythrina poeppigiana*)



Fuente Cook, 2008

⁶³ ESTRADA, A, J. 2002. Pastos y Forrajes para el trópico. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agrarias. Manizales, Caldas, Colombia.

Según menciona Cook⁶⁴, el uso más común es en sistemas agroforestales de todo tipo: agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles. En estos sistemas siempre hay evidencia de una mejora de la fertilidad del suelo tras plantar esta especie. Las vainas se recolectan del árbol cuando están maduras y se secan al sol por 3 días antes de obtener las semillas. Hay aproximadamente 4500 semillas/kg. La semilla es ortodoxa y puede permanecer viable por dos o más años almacenada en frío.

Se establece fácilmente por semilla o estacas. Para sembrar, las semillas deben pretratarse, remojándolas en agua templada (40°C) por 12 horas. Para estacas, los mejores resultados se producen colocando ramas en capas. Después de 6 semanas, las raíces se forman en el espacio entre las capas, las hojas pueden eliminarse y se corta la parte superior en ángulo de 45° antes de sellar con parafina. Las estacas pueden ser de al menos 1.5 m de ramas de 1-2 años y se plantan a unos 30 cm de profundidad.

En la plantación los espaciamientos normales son de 6x6 m en árboles que se vayan a podar y 8x8 m para árboles que no se vayan a podar. En el primer año se requiere un control de malas hierbas. En plantaciones de café en Costa Rica se cultiva a espaciamientos de 6x6 m, resultando aproximadamente en 280 árboles/ha, mezclados con unas 4300 plantas/ha de café. Casi todas las introducciones han sido para algún tipo de sistema agroforestal, como sombra para café y cacao, bancos forrajeros, cercas vivas e intercultivos con anuales. Cada sistema requiere prácticas de manejo específicas, que determinarán el rendimiento en biomasa, el turno de corta y el retorno económico. Hasta el momento de realizar podas de formación (4-6 meses) se pueden sembrar cultivos bajos de escaso crecimiento. Sin embargo, cultivos más altos no deberían sembrarse hasta después de la primera poda completa a los 9-12 meses.

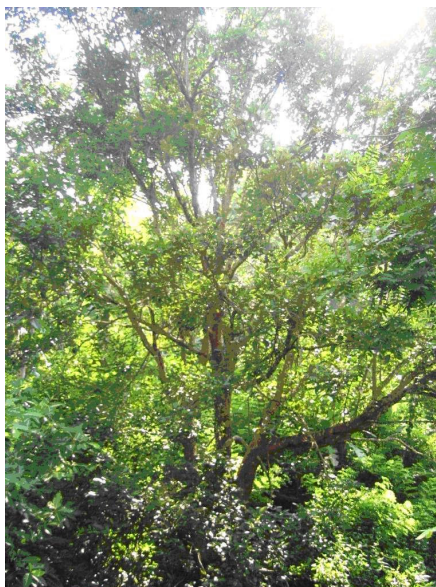
⁶⁴ COOK, O. Leguminosae Papilionoideae *Erythrina poeppigiana*, árboles de Centroamérica. CATIE. [online]. Noviembre 6 de 2008 [Citado Noviembre 6 de 2008], Disponible en la World Wide Web: http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_anexos/erythrina_poeppigiana.pdf

3.5.7 *Erythrina fusca* Lour.

Familia: Fabaceae-papilionoideae

Nombres Comunes: Palo de bobo, palo santo, pito, gallito

Figura 7 *Erythrina fusca* Lour



COOK, O, 2008

De acuerdo con COOK, es un árbol de 10 a 20 m de altura y de 20 a 60 cm de diámetro. Copa redondeada a umbelada. Tronco con espinas cónicas, a veces son anchas y aplanadas. Corteza exterior blanca o grisácea. Ramitas terminales verdes y con espinas en forma de aguijón. Hojas trifolioladas y alternas, con el folíolo terminal grande y los otros dos más pequeños, verdes en el haz y verde grisáceos en el envés. Folíolos de 5 a 15 cm de largo y de 3 a 9 cm de ancho, ovados a oblongos, con ápice obtuso a redondeado, bordes enteros y base redondeada o ligeramente cordada. Pecíolos de 8 a 18 cm de largo, pulvinados en la base y con dos glándulas en el punto de unión de los dos folíolos basales. Flores anaranjadas y con un pétalo grande y colgante. Frutos en legumbres de 19 a 30 cm de largo y con constricciones entre las semillas, verdes, tornándose rojizos y dehiscentes al madurar. Semillas con sarcotesta roja.

Crece muy bien por estacones de unos 2 m y 6-10 cm de diámetro, pero puede establecerse también por semilla o estacas más pequeñas. Pueden usarse contenedores o sembrar a raíz desnuda. Las plantitas deben sombreadarse. Plantada en rodales puros a 2x2 m produjo 2.7 toneladas/ha/año de biomasa en peso seco, que fue menos que el crecimiento de *Gliricidia sepium* en las mismas condiciones. Sin embargo, en zonas con lluvias irregulares de menos de 1200mm año, puede resistir sequías prolongadas sin perder la hoja y mantener el reciclaje de nutrientes. Es una especie pionera que encontramos más a menudo en las márgenes exteriores de áreas de inundación periódica pero no permanente. También en las

márgenes de ríos y zonas de ribera en tierras más altas. La especie forma generalmente rodales puros.

4 CONCLUSIONES

Los árboles y arbustos forrajeros juegan un papel decisivo en la conservación y aumento de la biodiversidad animal, vegetal, e incremento en los niveles de producción con reducida dependencia de insumos externos.

En Colombia la utilización de árboles y arbustos forrajeros en los sistemas de producción ganadera ha incrementado notoriamente en los últimos años. Sin embargo, aún falta información y documentación, que permita un conocimiento holístico sobre las interacciones entre los componentes árbol-pasto suelo-animal.

El avanzado estado de degradación, de los suelos tropicales puede ser atenuado puesto que los árboles de uso múltiple juegan un rol importante en la restauración ecológica de estas, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera.

La asociación de gramíneas con leguminosas arbustivas y/o arbóreas, promueve una mejora de las condiciones del suelo, lo que se traduce en una mayor producción y calidad de forraje, una dinámica en la disponibilidad de forraje, esta variación dará las pautas para una correcta suplementación a través del año y para establecer normas de manejo adecuadas para el sistema.

Por siglos se ha desarrollado una ganadería simplificada, basada en el monocultivo de gramíneas en contra de la dinámica natural de la mayoría de ecosistemas tropicales, donde los bovinos han sido un motor de degradación, sin embargo, no tienen por qué serlo si comprendemos el papel que pueden jugar un papel como “convertidores catalíticos móviles propulsados por energía solar” con potencial para restablecer la fertilidad en áreas degradadas.

BIBLIOGRAFIA

- Benavides, J.E. 1994. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Volúmenes I y II. CATIE, Costa Rica, 721p.
- Bolívar, D.M., 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., CATIE, Turrialba, C.R.
- BOTERO, R. 1993. Papel de las especies forrajeras tropicales en la conservación y recuperación de suelos ácidos de ladera. *Industria y Producción Agropecuaria*, Colombia. 1(4):14-23.
- Botero, R. y R.O. Russo. 1997a. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. In III Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. R. Tejos, C. Zambrano, M. Camargo L.E. Mancilla W. García (eds.). UNELLEZ, Barinas, 20-22 de febrero de 1997. pp. 49-63.
- Brewbaker, J. L., K. B. Willers & B. Macklin. 1990. Nitrogen fixing trees: validation and prioritization. *Nitrogen Fixing Tree Research Report* 8: 8-16.
- Cardona M C y Suárez S 1996. La *Leucaena leucocephala* en bancos de proteína y asociada a gramíneas. En: *Sistemas Silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Memorias II Seminario Internacional. Ministerio de Agricultura - CONIF. Santafé de Bogotá, Colombia. pp 58-72.
- CASTILLO, E.1997. Manejo de la *Leucaena leucocephala* para la producción de carne bovina. / E. Castillo. Instituto de Ciencia Animal. SitioWeb de Ciencias Agrarias, Universidad de Cienfuegos.
- Daccarett, M. y J. Blydenstein.1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. *Turrialba (Costa Rica)* 18(4):405-408.
- Dawson, J.O.1990. Interaction among Actinorhizal and associated plant species. En: *The Biology of Frankia and Actinorhizal Plants*. Schwintzer C. R. & J. D. Tjepkema, Ed. Academic Press, San Diego, pp 299-316.
- Dixon, R.K., 1995. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems* 31, 99-116
- ESCOBAR, A. 1998. Los árboles en los sistemas silvopastoriles. In: R.Tejos, C. Zambrano, L. Mancilla,W. García, M. Camargo, (Eds). *Seminario Manejo y Utilización de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal* (Barinas, Venezuela). UNELLEZ, Barinas, Venezuela. pp. 1-14

Esquivel, J., 1997. Efecto del componente arbóreo de un sistema silvopastoril sobre la distribución de nutrientes, biomasa microbial y densidad de lombrices en un suelo bajo pastoreo en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

ESTRADA, A, J. 2002. Pastos y Forrajes para el trópico. Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agrarias. Manizales, Caldas, Colombia.

Etienne, M. 1996. Western European Silvopastoral Systems. INRA, Paris, 276p.

Etter Andrés. 1998 Clasificación general de los ecosistemas de Colombia. En: Instituto de recursos biológicos Alexander von Humboldt, Informe nacional sobre el estado de la biodiversidad 1997 Colombia. Editado por María Elfi Chávez y Natalia Arango. Santafé de Bogotá: Instituto Humboldt, Pnuma, Ministerio del Medio Ambiente, 3 vol. Pp 176-185. .

FAO. 1994. Erosión de suelos en América latina. Disponible en http://www.fao.org/desertification/search/doc_dett.as?id_doc=2316. Último acceso: Marzo 2004

Gómez, María Elena, Rodríguez , Lylian, Murgueitio, E., Ríos, Clara I., Molina C.H., Molina, C.H., Molina, E. Y Molina, J.P. 1995. Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente protéica. CIPAV, Cali, Colombia, 129p.

Harvey, C.A., Haber, W.A., Mejias, F., Solano, R., 1998. Remnant trees in Costa Rican pastures. Tools for conservation? Agroforestry Trees July-Sept. 1998, 7-9.

Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D.S., 1991. Changes in the landscape of latin América between 1850 and 1985. II. Net release of CO₂ to the atmosphere. Forest Ecology and Management 38, 173-199

Howard-Borjas, Patricia. 1995. Cattle and crisis: the genesis of unsustainable development in Central América. Reforma Agraria, colonización y cooperativas. FAO, Rome, p 89- 116.

Kanninen, M. 2001. Sistemas silvopastoriles y almacenamiento de carbono: Potencial para América latina. Conferencia electrónica en potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales. FAO.

Kanninen, M.,Lopez, A., Schlönvoigt, A., Ibrahim, M., Kleinn, C., 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. Agroforestería en las Américas 6(23), in press.

Libreros, H., 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa del king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) establecido en asocio. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

Mahecha L, Rosales, M y Molina, C H.1998. Experiencias de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*, *Cynodon plectostachius* y *Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca.

En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica

Maldonado Jorge H. 1998. Tasas retributivas para el control de la contaminación del agua en Colombia. En: Contaminación y reciclaje en la producción porcina. Aspectos legales, técnicos y económicos. Fundación Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria CIPAV - Asociación colombiana de poricultores - Fondo nacional de la porcicultura. Cali - Colombia. p17-26.

Montagnini, F y 18 colaboradores (1992) Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. OET, Costa Rica, 622 p.

Montagnini, F. 1992. Sistemas agroforestales- Principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para Estudios Tropicales. San José, Costa Rica.

Murgueitio E y Calle Z 1998. Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica .

Murgueitio Enrique 1999. Reconversión social y ambiental de la ganadería bovina en Colombia. World Animal Review. FAO, Rome. En prensa.

Nitis, I.M., Putra, S., Sukanten, W., Suarna, M. And Lana. 1991. Prospects for Increasing Forage Supply in Intensive Plantation Crops Systems in Bali. In: Forage for Plantation Crops. ACIAR Proceedings No. 32.

Ocampo, A. 1996. The African oil palm in integrated farming systems in Colombia: new developments. In: Second FAO electronic conference on Tropical Feeds. (On the internet FAO home page), FAO, Rome.

Preston, T.R. and Murgueitio, E. 1992. Strategy for sustainable livestock production in the tropics. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p.

Preston, T.R. y R.A. Leng. 1989. Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico. Condit. Cali, Colombia. 312 p.

Provenza, F.D. 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. J. Anim. Sci. 74:2010-2020. Reynolds, S.G. 1995. Pasture-Cattle-Coconut systems. FAO, Rome, 668p.

Rhoades C; Eckert G. and Coleman, D. 1998. Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: Implications for tropical Montane Forest Restoration. Restoration ecology 6 (3): 262 - 270.

Rosales, M. 1997. Uso de la diversidad forrajera de árboles y arbustos. Memorias en disquette del V Seminario-Taller Internacional "Sistemas Sostenibles de Producción

Agropecuaria” y I Seminario Internacional sobre “Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico” Cali, Colombia. 31 de julio al 3 de agosto de 1997. s.p.

Russo R., 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10, 241-252

Sadeghian S, Rivera JM y Gómez M E 1998. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los andes de Colombia. En: Conferencia electrónica de la FAO sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.

Sánchez, M.D. 1995. Integration of livestock with perennial crops. *World Animal Review* 82(1):50-57.

Szott L., Ibrahim, M. y Beer J. 1999. The Hamburger connection hangover: cattle, pasture land degradation and alternative land use in Central America, CATIE, Costa Rica (en edición).

Young, A. 1997. *Agroforestry systems for soil management*. 2nd. ed. CAB International, New York, USA. 320 p.*Cow at evening / la vaca. Imagen tomada por Ferran, Licencia Creative commons. Algunos derechos reservados.