

LOS ARBOLES FORRAJEROS COMO FUENTE DE PROTEINA
PARA LA PRODUCCION ANIMAL EN EL TROPICO



Raúl Botero Botero*
Julio 1988

Introducción

El mayor desafío futuro de la humanidad es la producción de suficiente alimento para una población creciente, mediante sistemas que utilicen racionalmente los cada vez más escasos recursos energéticos no renovables y sin que se afecte más al medio ambiente.

Entre las fuentes energéticas naturales y no contaminantes están la energía hidráulica, eólica y solar. De ésta última fuente los vegetales, entre ellos los árboles, son los organismos vivos más eficientes en la utilización de la energía solar y su conversión en biomasa (madera, follaje y frutos). Adicionalmente, los árboles pueden ser conservados o cultivados para múltiples propósitos (Cuadro 1).

El reto ecológico es suplir la demanda creciente y la consecuente escasez mundial de madera para ser utilizada como leña puesto que aunque produzcamos alimento suficiente para toda la humanidad no habrá suficiente madera para cocinarlo, debido a que más de una tercera parte de la población mundial depende de la leña para cocinar y para la calefacción (CATIE, 1984).

* MVZ - MSc Producción Animal Tropical. Subdirector del Convenio Interinstitucional para la Producción Agropecuaria en el Valle del Río Cauca (CIPAV) durante 1986. Actualmente Asociado de Investigación, Sección Economía del Programa Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia, S.A.

CUADRO 1. Diversos productos y funciones de árboles tropicales

Productos y funciones	Especies
Madera industrial	Cedro, Caoba, Abarco
Leña	Guácimo, Matarratón, Melina
Pulpa	Eucalipto, Melina
Forraje	Leucaena, Matarratón, Pizamo, Guácimo, Nacedero, Guainaro
Frutos	Cítricos, Guayabo, Chachafruto, Mango, Caimarón, Cocotero
Aceites	Jojoba, Higuierilla, Inchi, Olivo, Palmas varias
Goma, Latex	Acacia, Caucho
Especias	Canela
Caroteno	Leucaena, Matarratón
Reciclaje de nutrientes	Todos
Fertilización de suelos	Todos, principalmente leguminosas
Control de erosión	Todos
Conservación de fuentes de agua	Todos
Descontaminación de agua y aire	Todos
Sombrio para animales y cultivos	Todos
Soporte de algunos cultivos	Matarratón, Cachiabo
Ornamentación	Todos
Barreras rompeviento	Todos
Cercas vivas	Todos
Oferta ambiental para vida silvestre	Todos

Reciclaje de Nutrientes en el Bosque Húmedo Tropical

Los bosques húmedos tropicales que aún se conservan se desarrollaron sobre suelos de fase mineral pobre, dependiendo su nutrición vegetal principalmente del mecanismo denominado "ciclaje de materiales". Debido a que el desmonte se ha acelerado durante las últimas décadas y el manejo de estos suelos en cultivos y praderas tiene muchos limitantes, es necesario estudiar las características claves del ecosistema natural para diseñar sistemas de producción autosuficientes y que al mismo tiempo conserven el equilibrio ecológico.

Las hojas caídas conforman un alto porcentaje de la superficie del suelo o mantillo, encontrándose que el aporte de materia seca por bosques tropicales oscila entre 10 y 80 ton/ha/año (SANCHEZ, 1981). De la hojarasca se ha comprobado que desde el momento de la caída de las hojas, éstas liberan los nutrientes en forma gradual, reduciendo así las pérdidas por lixiviación.

De la corteza se ha establecido que junto con la variedad de epífitas que están adheridas a ella, actúan como un sistema de filtración que absorbe los nutrientes contenidos en el agua lluvia. No se ha comprobado si los nutrientes retenidos por la copa son absorbidos directamente o si se incorporan en la hojarasca (FASSBENDER, 1984).

Con referencia al sistema radicular, las raíces nutricias forman un denso tapiz en el mantillo, entrando en contacto directo con la hojarasca, por medio de adaptaciones fisiológicas y biológicas (micorrizas), que le permiten al árbol una relativa independencia de los minerales contenidos en el suelo (PRORRADAN, 1979).

La exploración del subsuelo (Horizonte B) por las raíces de los árboles recupera nutrientes y agua del subsuelo y los pone nuevamente disponibles a través de las hojas y ramas caídas naturalmente o mediante las podas artificiales. Las raíces mejoran la estructura del suelo rompiendo las capas duras y, cuando mueren y se descomponen, aportan materia orgánica al suelo, dejan conductos que favorecen una mayor aireación y facilitan la infiltración del agua lluvia (BUDOWSKI, 1981).

Algunos ejemplos sobre la cantidad de materia orgánica y su contenido de minerales, aportados por reciclaje, en diversos tipos de bosque en el trópico húmedo se relacionan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Aporte anual de materia orgánica y su contenido mineral en tres tipos de bosque en el trópico húmedo

País	Localidad	Tipo de bosque	Materia Orgánica (ton/ha/año)	Contenido Mineral (kg/ha/año)				
				N	P	K	Ca	Mg
Brasil ¹	Manaos	Primario	7.3	106	2	13	18	13
Colombia ²	Caquetá	Secundario	8.8	165	5	33	62	17
Colombia ¹	Carare	Plantado (16 años)	9.5	108	2	29	58	18

1/ NAIR (1982)

2/ ESCOBAR, MUNEVAR y PEREA (1986)

Reforestación

En Colombia se deforestaron completamente entre 1959 y 1987 más de nueve millones de hectáreas de bosques naturales¹ para cultivar la tierra y posteriormente plantar pastos para ganadería. A mediano y largo plazo el deterioro del equilibrio ecológico en Colombia se manifiesta en la degradación de 600 mil hectáreas por año de tales praderas debido a la lixiviación de los nutrientes minerales y al sobrepastoreo y consecuente compactación del suelo que favorece la erosión.

Para solucionar este problema mucho se ha escrito e intentado sobre reforestación, pero las necesidades cada vez más apremiantes de producir alimentos compiten con la plantación de árboles, por considerarse que éstos ocuparan tierras que, con aptitud o no, son destinadas a la explotación agropecuaria netamente extractiva en la gran mayoría de los casos.

1/ Periódico El Campesino, 10 de Julio de 1988.

Sin embargo, otro enfoque de la investigación agrícola basado en lo que aplican de forma innata muchos campesinos del trópico (Cuadro 3), permite recomendar el asocio de árboles con cultivos y/o con pasturas sin afectar la producción de alimentos y sin descartar la obtención de productos directamente de los árboles.

CUADRO 3. Usos principales de *Gliricidia sepium* entre los agricultores encuestados en Costa Rica, 1986

Uso	Frecuencia ¹	Porcentaje ²
Sombra:		16
Cacao	4	2
Café	5	3
Pasturas	22	12
Otros	2	
Cercas vivas:		95
Cultivo anual	43	23
Perimetral	103	56
Cultivo permanente	109	59
Pasturas	124	67

1/ Cada agricultor indicó más de un uso de *G. sepium* en su finca.

2/ Basado en un total de 185 respuestas.

Fuente: SANCHEZ y PAYNE (1987).

Utilización de árboles forrajeros

Con respecto a la ganadería, muchos productores utilizan ampliamente el follaje de numerosas especies de árboles en la alimentación animal y estos forrajes poseen cualidades nutritivas iguales o superiores a los pastos utilizados tradicionalmente (BENAVIDES, 1984).

En Africa los árboles forrajeros de especies nativas son un componente común de las pasturas y constituyen una fuente alimenticia de alto valor

nutritivo para la producción ganadera. A pesar de su frecuente disponibilidad en América tropical, los estudios existentes se refieren principalmente a la composición química del forraje y pocas especies arbóreas se han evaluado a nivel agronómico y en relación directa a la producción animal (TORRES, 1983).

En Colombia contamos con árboles nativos o introducidos que pueden ser utilizados con múltiples propósitos entre ellos por su valor como especies forrajeras perennes (Cuadros 4 y 5).

Entre los árboles forrajeros existentes, las leguminosas ejercen una asociación simbiótica con bacterias del género *rhizobium*. Los rizobios se caracterizan por su habilidad para infectar los pelos radicales de las leguminosas e inducir la formación de nódulos fijadores de nitrógeno atmosférico en sus raíces. Los rizobios se encuentran comunmente en los suelos, pero a menudo fallan en producir nodulación efectiva ya sea por su escaso número o por su especificidad, que les impide establecer simbiosis efectiva con una leguminosa dada (BOTERO, 1988).

Existen, además, árboles que sin ser de la familia de las leguminosas, como las especies del género *Alnus* y *Casuarina*, tienen también la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante simbiosis con bacterias del género *Frankia* y *Actinomicetas* respectivamente, así que para su crecimiento no dependen exclusivamente del nitrógeno presente en el suelo (DOMMERGUES, 1982); la inoculación con ecto y endomicorrizas debe considerarse también, pues estos hongos cumplen la importante función de incrementar la absorción de fósforo en suelos con bajos niveles disponibles de este elemento, que es el más limitante en los suelos ácidos tropicales (BOTERO y FASSBENDER, 1984).

De las especies forrajeras restantes, si bien no poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, su follaje tiene un alto contenido de proteína cruda y un alto valor forrajero por su buena aceptación por parte de los animales.

CUADRO 4. Principales árboles forrajeros utilizables en Colombia

Especies leguminosas	Nombre común	Tipo de suelo	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación (mm)
<i>Acacia farnesiana</i>	Aromo	pH>4.5 *	<1000	600-2000
<i>Cassia spectabilis</i>	Flor amarillo, Vainillo, Acacia	pH>4.5 *	1000-1600	800-2800
<i>Cassia siamea</i>	Matarratón extranjero	pH>4.5 *	<1000	1000-2000
<i>Cajanus cajan</i>	Guandul, Gandul, Frijol de Paloma	pH>4.5 *	0-3000	400-2500
<i>Clitoria fairchildiana</i>	Barbasco, Paraquas	pH>5.0 *	0-1500	800-1800
<i>Calliandra calothyrsus</i> (<i>C. pitieri</i>)	Calliandra, Pelo de Ángel, Carbonero, Quebrajacho	pH>4.5 *	150-1800	1500-2500
<i>Cratilia floribunda</i>	Cratilia	pH>4.0 *	0-1200	1000-2000
<i>Enterolobium cyclocarpus</i>	Orejero, Dormidero, Guanacaste	pH>5.0 *	0-1000	800-1500
<i>Erythrina poeppigiana</i>	Cámbulo, Cachimbo, Anaco, Poró	pH>5.0 *	600-1400	1000-2500
<i>Erythrina glauca</i>	Pizamo, Chambúl, Cantagallo, Búcaro	pH>4.5 **	0-1600	1000-3500
<i>Erythrina edulis</i>	Chachafruto, Balú, Chaporuto, Poroto	pH>5.0 *	1400-2000	1800-2800
<i>Flemingia macrophila</i>	Flemingia	pH>4.0 *	0-1200	1000-3500
<i>Gliricidia sepium</i>	Matarratón, Madero Negro, Madrón, Madre Cacao, Piñon Cubano, Rabo de Ratón	pH>5.0 *	0-1600	600-3500
<i>Inga densiflora</i>	Guano Machete	pH>4.5 *	1000-1700	1500-2500
<i>Inga oerstediana</i>	Guano Hojiancho, Guano Bejuco	pH>4.5 *	1200-2000	1500-2800
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena, Acacia forrajera, Guaje	pH>6.0 *	0-1300	600-1700
<i>Mimosiopsis quitensis</i>	Guarango	pH>5.0 *	2000-3000	2000-3500
<i>Pithecellobium dulce</i>	Chiminango, Payandé, Gallinero	pH>5.5 *	0-1800	450-1650
<i>Pithecellobium saman</i>	Samán, Samán Campano	pH>5.0 *	0-1200	800-1500
<i>Prosopis juliflora</i>	Trupillo, Algarrobo, Mesquite	pH>5.5 *	0-1500	150-750
<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Iguá	pH>5.0 *	0- 800	600-1200

* Suelo bien drenado

** Suelo bien o mal drenado

Fuente: ACERO (1985), BARRERA (1979), CATIE (1984)

CUADRO 5. Principales árboles forrajeros utilizables en Colombia

Especies no leguminosas	Nombre común	Tipo de suelo	Altitud (m.s.n.m.)	Precipitación (mm)
<i>Alnus acuminata</i>	Aliso, Jaúl	pH>5.0 *	1200-3200	1000-3000
<i>Brosimum alicastrum</i>	Guáimaro, Ramón	pH>5.0 *	800-1200	1000-2000
<i>Crescentia cujete (C.alata)</i>	Totumo, Jicaro	pH>4.5 *	0-1500	800-3000
<i>Gmelina arborea</i>	Melina	pH>5.5 *	0-1000	750-4500
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácimo, Caulote	pH>4.5 *	0-1200	700-1500
<i>Morus nigra</i>	Morera	pH>5.0 *	1000-1800	1000-2000
<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba, Guava	pH>4.5 *	0-1500	600-4000
<i>Spondias mombin</i>	Hobo	pH>5.0 *	0-1500	1000-2000
<i>Spondias purpurea</i>	Ciruela, Jocote	pH>5.0 *	0-1000	1000-2000
<i>Trichanthera gigantea</i>	Nacedero, Queiebrabarrigo	pH>4.5 *	500-1800	1000-2500

* Suelo bien drenado

Fuente: ACERO (1985), BARRERA (1979), CATIE (1984)

Calidad nutritiva de los forrajes arbóreos

Tanto el follaje como los frutos de los árboles forrajeros poseen una alta calidad nutritiva, pero esta calidad es variable y dependiente de la especie animal en que se utilicen.

El contenido de aminoácidos en el follaje de *Gliricidia sepium* (matarratón) es comparable al de *Medicago sativa* (alfalfa) que es considerada como una de las leguminosas herbáceas de más alta calidad forrajera (Cuadro 6).

Muchos de los follajes arbóreos contienen sustancias químicas que afectan su gustocidad (hojas coriáceas, latex), utilización de nutrimentos (alcaloides y aminoácidos tóxicos), asociación de los nutrimentos con fracciones indigeribles (polifenoles) y contienen también niveles elevados de nitrógeno no proteico (NNP).

CUADRO 6. Contenido de aminoácidos en el follaje de *Gliricidia sepium* comparado con *Medicago sativa*

Aminoácidos	<i>G. sepium</i> (matarratón)	<i>M. sativa</i> (alfalfa)
Arginina	399	357
Cistina	99	77
Fenilalanina	386	307
Histidina	127	139
Isoleucina	300	290
Leucina	603	494
Lisina	282	368
Metionina	105	96
Treonina	300	290
Tirosina	280	232
Valina	401	356

Fuente: Adaptado de GLOVER (1986a)

La gran mayoría de los forrajes arbóreos contienen taninos (polifenoles) que se encuentran recubriendo las moléculas proteínicas contenidas en el forraje y haciendo que esta proteína pueda ser utilizada solo parcialmente por las bacterias existentes en el rumen o el ciego de los herbívoros. Es posible que los taninos reduzcan la producción de amoníaco en el rumen, resultando en una mayor retención de nitrógeno por el animal.

La mimosina es un aminoácido tóxico encontrado en mayor o menor cantidad en el forraje de especies del género *Leucaena*, la mimosina ha causado la caída del pelo en bovinos y ha ocasionado su muerte en Australia, también causa problemas reproductivos en cerdos y equinos (JONES, 1977). Recientemente fue descubierto que los bovinos en Australia carecen de una bacteria ruminal que detoxifica la mimosina y dicha bacteria si la poseen los rumiantes en América tropical.

Los monogástricos no herbívoros tienen una limitada capacidad para utilizar los nutrimentos contenidos en los forrajes como es el caso de

los cerdos y aves, pues no tienen la capacidad dada por las bacterias digestivas para aprovechar la celulosa ni para detoxificar algunos forrajes que contienen sustancias que pueden ser nocivas para su salud.

La digestibilidad de los forrajes arbóreos, que es medida tanto en el laboratorio (*in vitro*) como en el rumen (*in vivo*), solo permite conocer parcialmente su valor nutritivo para rumiantes puesto que es de esperar que la digestión enzimática, que ocurre en el abomaso y en el intestino delgado, incremente la utilización de los nutrimentos contenidos en estos forrajes.

Sin embargo, existe gran variabilidad en el valor nutritivo entre los diferentes componentes del forraje arbóreo comestible. La variabilidad es determinada por las diferentes funciones fisiológicas y la edad de cada componente. En el Cuadro 7 se relacionan los valores nutritivos de las hojas, pecíolos, tallo tierno y corteza de dos especies del género *Erythrina*.

CUADRO 7. Contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIV) en los diferentes componentes del forraje comestible de dos especies de *Erythrina*

Componentes	E S P E C I E S					
	<i>E. berteroana</i> (Poró Criollo)			<i>E. poeppigiana</i> (Cachimbo)		
	--Porcentaje de -- MS	PC	DIV	--Porcentaje de -- MS	PC	DIV
Hoja terminal	23.3	27.3	54.6	23.8	31.9	60.3
Hoja basal	-	-	-	-	28.3	52.8
Pecíolo hoja terminal	19.3	7.6	42.6	15.2	12.4	72.2
Pecíolo hoja basal	-	-	-	-	9.2	67.5
Tallo tierno terminal	25.4	8.4	41.8	19.5	10.7	45.3
Corteza	-	-	-	17.0	14.1	78.3

Fuente: Adaptado de CATIE-CIID (1982), BENAVIDES (1984)

En el caso específico de *Erythrina poeppigiana* la digestibilidad fue más alta en pecíolos que en hojas, decayendo más fuertemente en este último componente de la planta a medida que se aproxima a la porción basal de la rama. Es de suponer que a medida que la planta madura hay acumulación de sustancias anticualitativas en las hojas, como los componentes metabólicos más activos de la planta.

Siembra de Especies Forrajeras Arbóreas

a) Propagación por semilla

Salvo raras excepciones los árboles forrajeros relacionados en los Cuadros 4 y 5 producen semilla abundante y viable, de la que generalmente se obtiene una mayor germinación cuando la semilla es fresca como con *Gliricidia sepium*, una vez las semillas permanecen guardadas en un lugar fresco y seco por más de seis meses deben ser tratadas con agua hirviente o con ácido sulfúrico como es el caso de *Prosopis juliflora* o también se debe lavar el mucilago que desprende la semilla como es el caso de *Guazuma ulmifolia*, con el fin de conseguir su germinación (CATIE, 1984).

En el caso de semillas que se vayan a almacenar por más de un año éstas se deben conservar en refrigeración, con baja humedad y protegidas de insectos y hongos dañinos.

Para obtener un mayor vigor en las plántulas de árboles fijadores de nitrógeno las semillas deben ser inoculadas con bacterias específicas o con suelo aledaño a árboles de la misma especie; la técnica de inoculación y peletización se describe en el Anexo 1.

Las semillas pueden sembrarse en bolsas de polietileno negro de capacidad mayor a cinco kilogramos con el fin de permitir un buen desarrollo del árbol durante la fase de vivero, que de preferencia no debe ser menor de seis meses, con el fin de que una vez se haga el trasplante al campo el pequeño árbol tenga capacidad de competir con malezas.

La fase de vivero demanda mucha mano de obra que la hace costosa por lo que, si no hay escasez o alto costo de la semilla, se puede realizar la siembra directa en el campo, lo que implica mayor tasa de siembra y más intenso control de malezas.

b) Propagación por estaca

Igualmente muchas de las especies arbóreas mencionadas pueden ser plantadas por estaca, en cuyo caso se deben obtener estacas maduras con longitud no menor de 20 cm, cuyo diámetro varía con la especie y madurez. En tal caso lo más conveniente parece ser plantar las estacas lo más rápido posible después del corte (Cuadro 8).

CUADRO 8. Necesidad de período de descanso y posición de las estacas para la siembra de *Gliricidia sepium*, según agricultores encuestados en Costa Rica, 1986

Estaca	Frecuencia*	Porcentaje
Sin período de descanso	63	33.3
Descanso bajo sombra		
vertical	48	25.4
horizontal	43	22.8
vertical y luego horizontal	35	18.5

* Cada agricultor pudo indicar más de una posición de descanso para las estacas

Fuente: Adaptado de SANCHEZ y PAYNE (1987)

GLOVER (1986b) realizó un trabajo sobre propagación vegetativa de *Gliricidia sepium* en Hawaii, utilizando estacas recién cortadas, de 20 cm de longitud, sembradas enterrando los 10 centímetros basales en bolsas plásticas llenadas con una mezcla 1:1 de vermiculita con musgo y adicionando dolomita y fertilizante. En este trabajo se comparó la sobrevivencia de estacas tiernas (con menos de seis meses de crecimen-

to de las ramas de origen) contra la sobrevivencia de estacas maduras (con entre 6 a 12 meses de crecimiento). A los 25 días de siembra y bajo los tratamientos utilizados todas las estacas tiernas habían muerto.

Las estacas maduras también recibieron los tratamientos evaluados, comparando un riego aplicado durante un minuto cada 30 minutos contra un riego aplicado durante 3.5 minutos cada 12 horas y realizando la comparación entre la eliminación circular de la corteza de los 5 cm basales de la estaca contra la utilización de un enraizador comercial (Rootone F), cuya composición es:

- Naftalenacetamida.	0.57%
- Acido Metil -1- Naftalenacético.	0.33%
- Metil -1- Naftalenacetamida.	0.13%
- Acido Indol -3- butírico	0.57%

Los resultados obtenidos en la sobrevivencia de las estacas maduras se relacionan en el Cuadro 9.

CUADRO 9. Sobrevivencia en estacas maduras (6-12 meses de crecimiento) de *Gliricidia sepium* bajo diversos tratamientos

Régimen de riego	Tratamiento de la estaca	Sobrevivencia (%)
A ¹	Testigo	37
	Enraizador ³	83
	Descortezado ⁴	63
B ²	Testigo	39
	Enraizador ³	64
	Descortezado ⁴	86

- 1/ 1 minuto cada 30 minutos
- 2/ 3.5 minutos cada 12 horas
- 3/ Rootone F
- 4/ Circular en los 5 centímetros de la corteza basal

Fuente: Adaptado de GLOVER (1966b)

En resumen, el mejor método para la propagación vegetativa de *Gliricidia sepium* fue obtenido con estacas maduras (6-12 meses de crecimiento) recién cortadas, cuya corteza basal (5 cm) fue retirada previo a la siembra y fueron regadas durante 3.5 minutos cada 12 horas.

Un trabajo similar fue realizado por LOZANO (1962) comparando la sobrevivencia de tres especies arbóreas, plantadas por estacas recién cortadas, de dos diámetros diferentes, tratadas o no con hormona de enraizamiento y plantadas durante época seca o lluviosa directamente en las cercas; los resultados obtenidos se relacionan en el Cuadro 10.

CUADRO 10. Número de estacas vivas y muertas de tres especies arbóreas diferentes plantadas como cercos vivos

Diámetro de las estacas		<i>Erythrina poeppigiana</i>		<i>Gliricidia sepium</i>				<i>Erythrina costaricensis</i>					
		1a. fecha		2a. fecha		1a. fecha		2a. fecha		1a. fecha		2a. fecha	
		V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
6-12 cms	Con hormona	2	38	2	38	6	34	15	25	33	7	40	0
	Sin hormona	3	37	3	37	14	26	24	16	36	4	40	0
3-6 cms	Con hormona	0	40	0	40	2	38	13	27	37	3	39	1
	Sin hormona	0	40	0	40	2	38	16	24	39	1	37	3
TOTAL (No. de estacas)		5	155	5	155	24	136	68	92	145	15	156	4
Porcentaje		3.1	96.9	3.1	96.9	15.0	85.0	42.5	57.5	90.6	9.4	97.5	2.5

V = vivas
M = muertas

1a. fecha: plantado en Agosto (sequía)
2a. fecha: plantado en Diciembre (lluvias)

Fuentes: Adaptado de LOZANO (1962)

Control de Malezas en Plantaciones de Arboles de Uso Múltiple

Si bien los bancos de proteína de especies forrajeras arbóreas tienen un gran potencial de uso en sistemas intensivos de producción de carne y/o de leche (LASCAND y SCHNEICHEL, 1984), estos bancos deben plantarse asociados con cultivos agrícolas, con gramíneas nativas o mejoradas, con leguminosas herbáceas o con asociaciones (gramínea-leguminosa) que servirán como cobertura; éstos limitan el desarrollo de malezas actuando como control cultural, aprovechan más eficientemente los nutrientes reciclados por los árboles y permiten obtener un producto adicional sobre la misma área.

Para el caso de cultivos agrícolas intercalados con árboles, lo que ha sido exitoso con maíz (KASS, RUSSO y QUINLAN, 1983) y con otros cultivos, puede ser necesaria la utilización de herbicidas que no afecten al cultivo ni a los árboles.

GLOVER (1986c), realizó un experimento en Hawaii con el fin de controlar malezas mediante la aplicación de herbicidas en presiembra en un cultivo de maíz intercalado con *Gliricidia sepium*.

Las especies de malezas predominantes en el lote fueron las gramíneas *Echinochloa colonum* (liendre de puerco), *Eleusine indica* (pata de gallina), *Cenchrus echinatus* (abrojo) y *Paspalum fimbriatum* (grama); y las especies de hoja ancha *Bidens pilosa* (papunga), *Amaranthus spinosus* (bledo espinoso), *Emilia sonchifolia* (píncel) y *Malva parviflora* (escoba).

Los resultados obtenidos en los tratamientos con herbicidas, aplicados con bomba de espalda, previo corte de las malezas tres semanas antes de la aplicación, se relacionan en el Cuadro 11.

La parcela de control manual en sus cuatro repeticiones fue mantenida completamente libre de malezas, durante todo el tiempo de evaluación. El control de malezas y el grado de fitotoxicidad sobre las plantas de

Gliricidia sepium fueron evaluados a las 4, 8, 12 y 16 semanas después de la aplicación de los herbicidas.

Las aplicaciones de Simazina proporcionaron el control más efectivo, aún después de las 16 semanas de aplicación. Aunque la aplicación de Atrazina proporcionó un efectivo control de malezas se observaron síntomas de fitotoxicidad, como amarillamiento de las hojas y enroscamiento de los cogollos y el crecimiento de las plantas de *Gliricidia sepium* fue severamente afectado.

CUADRO 11. Altura de los árboles de *Gliricidia sepium* intercalados con maíz, a las 8 y 16 semanas de edad previo control de malezas sobre el lote

Tratamiento	Altura de árboles (ca)	
	8 semanas	16 semanas
1 Control manual constante	24 b	48 ab
2 Glifosato (1 kg/ha)	14 c	34 c
3 Glifosato (1 kg/ha) + Simazina (1 kg/ha)	26 b	44 b
4 Glifosato (1 kg/ha) + Simazina (3 kg/ha)	31 a	54 a
5 Glifosato (1 kg/ha) + Atrazina (1 kg/ha)	18 c	32 c
6 Glifosato (1 kg/ha) + Atrazina (3 kg/ha)	10 c	23 d
7 Glifosato (1 kg/ha) + Alaclor (1 kg/ha)	11 c	32 c
8 Glifosato (1 kg/ha) + Alaclor (3 kg/ha)	16 c	33 c

Medias entre columnas seguidas por la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5% de probabilidad de acuerdo con la prueba DMS.

Nota: Todas las dosis de herbicidas se expresan como ingrediente activo.

Fuente: Adaptado de GLOVER (1986c)

Igualmente la aplicación de Simazina a la dosis de 3 kg/ha causó leve amarillamiento en las hojas de *Gliricidia* pero no afectó severamente el crecimiento.

El herbicida Simazina a la dosis de 1 kg/ha proporcionó el control más

efectivo de malezas y no produjo síntomas de fitotoxicidad en las plantas de *Giricidia sepium*, como se observa en el Cuadro 11.

Otro de los herbicidas que puede ser aplicado en pre-siembra, incorporado al suelo con la última rastrillada, es la Trifluralina a la dosis de 1 kg/ha. Dicho herbicida controla gramíneas cuyas plantas provienen de semilla pero no de material vegetativo.

Los herbicidas que pudieran probarse en pos-siembra son el Fluazifopbutil contra gramíneas y el 2-4 D y el Bentazon contra malezas de hoja ancha. Estos herbicidas no causan fitotoxicidad en la mayoría de las especies de leguminosas herbáceas (FERGUSON y SANCHEZ, 1986).

Fijación de Nitrógeno en Especies Forrajeras Arbóreas

Son pocos los estudios que han medido el aporte de nitrógeno fijado por los árboles mediante la simbiosis bacteriana. Las mediciones realizadas, mediante la reducción de acetileno, permiten estimar el aporte neto entre 30 y 500 kg de N/ha/año por especies como *Alnus acuminata* y *Leucaena leucocephala* respectivamente (DOMMERGUES, 1982). A esto habría que agregar el reciclaje de otros minerales como calcio, potasio, magnesio y azufre que se incorporan al suelo con la hojarasca y con las ramas que caen o se podan.

Sistema de Producción Silvopastoril

En las praderas asociadas con árboles el aporte de materia orgánica producida por ellos y, especialmente por los árboles capacitados para fijar nitrógeno, se traduce en una producción global mayor de forraje y en un incremento de su calidad proteínica.

Los árboles se deben sembrar en surcos paralelos al recorrido del sol, con el fin de disminuir la intercepción de la radiación solar y la sombra refleja ejercida por sus copas y de que también el estrato inferior de la pradera reciba el sol directo todo el día. Partiendo de

un mínimo de 100 árboles uniformemente distribuidos por hectárea y llegando a un máximo de ellos que no intercepte más del 50% de la radiación solar, se pueden obtener incrementos hasta del 50% en la producción total de forraje, tomando como base la pradera sin árboles.

El forraje herbáceo puede ser aprovechado inicialmente bajo corte hasta obtener un crecimiento de los árboles que permita el pastoreo sin causarles daño.

Cosecha de Forrajes Arbóreos

En sistemas silvopastoriles el forraje arbóreo puede ser cosechado directamente por los animales o bien se pueden realizar podas escalonadas principalmente durante la época seca, dejando los residuos de hojas y tallos, no utilizables para leña, sobre el suelo, para permitir el reciclaje de nutrimentos que será complementado con las heces y orina de los animales presentes en el área, requiriendo así de más bajos niveles de fertilización de mantenimiento.

En sistemas intensivos con escasez de tierra para los animales y dependiente de la disponibilidad, especialización y costo de la mano de obra, se puede recurrir a la cosecha manual del forraje arbóreo producido en cercas vivas y bancos de proteína, para ofrecerlo a los animales en confinamiento.

El forraje arbóreo cosechado puede ser utilizado fresco o conservarse henificado o ensilado.

Un componente común en algunos árboles forrajeros son las espinas presentes en tallos e inclusive en las hojas, lo que puede pensarse afecta el consumo directo o dificulta la cosecha, como puede ser el caso del *Pithecellobium dulce* (chiminango). Sin embargo, los animales hacen la aprehensión de tales forrajes cuidadosamente en el caso del pastoreo directo y las máquinas utilizadas en el picado destruyen la casi totalidad de las espinas en el forraje ofrecido en comederos.

Es conveniente además que las hojas y tallos tiernos sean picados para estimular su consumo y evitar el desperdicio que ocurre cuando las ramas enteras se ofrecen en el comedero.

La utilización de forrajes arbóreos, ricos en proteína y minerales, es particularmente importante en áreas con épocas secas fuertes, donde la mayoría de los rumiantes son comúnmente alimentados con forrajes de baja calidad y con residuos de cosechas agrícolas (PRESTON y LENG, 1987); con el fin de complementar tales forrajes y lograr adecuados niveles de producción de leche y/o carne.

Factores Climáticos y Edáficos

Debido a que las condiciones climáticas y edáficas (características fisicoquímicas) del trópico varían entre localidades y a través de los años, las tasas de crecimiento y producción del forraje arbóreo deberán expresarse según estados predeterminados de las plantas tales como: edad del árbol, densidad de siembra, altura del rebrote, diámetro de los tallos, inicio de la floración, etc. Dichas variables podrán ser más aplicables en otras localidades que los intervalos fijos entre cortes.

Los cambios climáticos y edáficos entre localidades causan una alta variabilidad en el comportamiento productivo y enfatizan la importancia de seleccionar especies arbóreas apropiadas para localidades y ambientes diversos.

Densidad de siembra

Generalmente la mayoría de las publicaciones consultadas indican que la *Leucaena* plantada a alta densidad (hasta 6 árboles/m²) permite obtener mayores rendimientos de forraje que a densidades bajas. Lo que no está claro es el efecto de la densidad sobre la relación hoja:tallo.

Primera Cosecha

La obtención de la primera cosecha mediante pastoreo o corte, desde el momento de la siembra, favorecerá la persistencia y el mayor rendimiento en las cosechas subsiguientes, esto es, si se le permite al árbol un buen desarrollo inicial. Este se obtiene entre uno a tres años de edad del árbol dependiente de la especie, clima, suelo y manejo de la plantación hasta la primera cosecha.

Altura de Corte

Aunque existen algunos trabajos que indican mayores rendimientos de forraje a bajas alturas de corte (5 cm) la gran mayoría reportan mayores rendimientos a alturas por encima de un metro (HORNE, CATCHPOOLE y ELLA, 1985), donde los árboles han logrado mayor sobrevivencia y se ven poco afectados por la competencia de malezas.

Parece benéfico para la sobrevivencia el no defoliar completamente el árbol que al conservar parte del follaje, al menos una rama con hojas, continúa haciendo la fotosíntesis que favorece un rebrote más rápido y vigoroso puesto que para ello no dependerá únicamente de sus reservas en la raíz.

Frecuencia o Intervalo entre Cortes

De cuatro trabajos publicados (HORNE, CATCHPOOLE y ELLA, 1985) sobre la producción de forraje comestible contra tallos no aprovechables en *Leucaena*, se calcularon promedios de rendimiento de 50% en cortes hechos cada 90 días y 70% en los cortes efectuados cada 50 días. Esto hace parecer que una menor frecuencia entre cortes permite producir mayor cantidad de materia seca comestible; ello se atribuye a la reducción en la relación hoja:tallo que se presenta en intervalos más largos entre cortes. Las más altas producciones de materia seca obtenidas a largos intervalos (>180 días entre cortes) han sido atribuidas a la mayor proporción de tallos no comestibles.

Interacciones Densidad de Siembra, Altura y Frecuencia de Corte

Con las amplias variaciones utilizadas en las prácticas de manejo del corte y las diversas densidades de siembra empleadas por los investigadores es difícil hacer una recomendación clara. Sin embargo, algunos principios generales pueden ser aplicables como la mayor altura de corte que permite al árbol movilizar mayores reservas para rebrotar.

Muy poco ha sido investigado sobre los efectos del manejo de corte sobre el hábito de crecimiento y forma del árbol. No hay información disponible para comparar el método de corte total contra la remoción parcial del follaje verde. Nada se ha publicado sobre la edad del árbol al primer corte y su efecto en los rendimientos subsecuentes de forraje.

El hábito de crecimiento de los árboles parece ser afectado a largo plazo de acuerdo con la frecuencia de corte impuesta, ya que a más cortos intervalos entre cortes se incrementa el número de tallos de rebrote. La frecuencia de corte también afecta el diámetro de los tallos basales que es mayor en los árboles que se cosechan a más largos intervalos.

Existe una fuerte interacción entre la frecuencia de corte y la densidad de siembra. Es preferible que los árboles sean cosechados cuando su copa esté cerrada entre unos y otros y hayan alcanzado el máximo índice de área foliar, pero antes de que se inicie la caída de hojas de las ramas bajas, a causa de la sombra. Esto puede explicar porque los cortes a intervalos irregulares, de acuerdo con la variación climática, han permitido obtener los mayores rendimientos de forraje comestible. Por lo tanto, a altas densidades de siembra la copa arbórea se cierra rápidamente y en este caso, mediante cortos intervalos entre cortes, se logran las mayores producciones de hoja, aunque las excesivas densidades de siembra llegan a limitar el volumen de suelo que puede ser explorado por cada árbol.

Producción de Forraje

Teniendo en cuenta los múltiples factores que pueden afectar la producción de forraje arbóreo comestible, existen resultados publicados que permiten visualizar los rendimientos obtenidos. El Cuadro 12 contiene los rangos de producción obtenidos con tres especies arbóreas en Costa Rica, bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de corte.

CUADRO 12. Rangos de producción de biomasa comestible de tres especies de árboles leguminosos en el trópico húmedo en Costa Rica

Especies	Arboles/ ha o km (n)	Cortes /año (n)	MS/ha/año	Fuente
			o MS/km/año (kg)	
<i>Erythrina berteroana</i> (Poró criollo)	1250	1	872	CATIE, 1986
	40000	2	5837	CATIE, 1986
<i>Erythrina poeppigiana</i> (Cachimbo)	280	1	3276	RUSO, 1984
	3333	3.5	11270	BENAVIDES, 1987
<i>Gliricidia sepium</i> (Matarratón)	833	2.4	600	ESPINOZA, 1983
	666	2	2597	BELIARD, 1984

Fuente: Adaptado de BOREL (1987)

En un taller internacional sobre manejo y mejoramiento de *Gliricidia sepium* que se realizó en el CATIE, Costa Rica, en Junio de 1987 (EL CHASQUI, 1988), se evaluó el estado actual de los conocimientos con respecto a su mejoramiento genético, manejo y utilización. Este permite concluir que de acuerdo con evaluaciones preliminares se pueden obtener incrementos significativos en las tasas de crecimiento y producción mediante una selección de procedencias, seguida por la selección de árboles individuales.

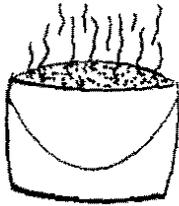
El rendimiento de plantaciones de *Gliricidia sepium* en América Central, en la primera rotación (3 a 5 años) oscila entre 7.5 a 14 ton/ha/año. En otras áreas se han registrado rendimientos anuales de hasta 20 toneladas de biomasa seca total por hectárea. Los índices de producción en Asia han sido significativamente mayores que los obtenidos en América Central.

ANEXO 1
INOCULACION DE SEMILLA DE LEGUMINOSAS

EL DIA ANTERIOR A LA SIEMBRA

1. Si las semillas están tratadas con fungicida (teñidas comúnmente de color violeta), hay que lavarlas y secarlas rápidamente.

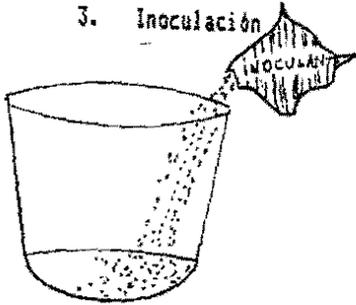
2.



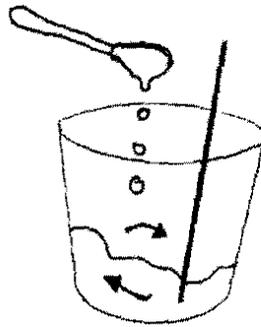
Preparar uno cualquiera de los siguientes adherentes: Una solución al 40% de goma arábiga o de azúcar en agua hervida caliente (4 cucharadas soperas rasas de goma molida o azúcar por cada 5 cucharadas de agua). Engrudo preparado con almidón al 8% (1 cucharada soperas rasas de almidón por cada 11 cucharadas de agua hervida caliente) o leche hervida con azúcar al 25% (1 cucharada soperas rasas de azúcar por cada 3 cucharadas de leche hervida caliente).

EL DIA DE LA SIEMBRA

3. Inoculación

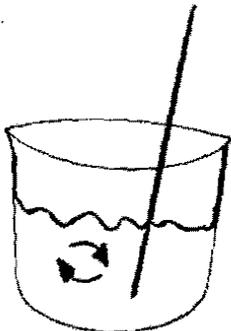


Poner 50 gramos del inoculante específico, por cada kg de semilla a ser inoculada, en un balde seco y limpio.

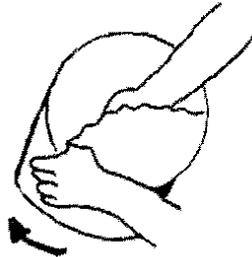


Agregar aproximadamente 30 ml (3 cucharadas soperas) de la solución adherente por cada 50 gramos de inoculante y mezclar bien.

4. Peletización

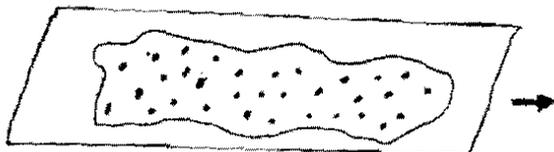


Agregar la semilla (hasta 3 kg) y mezclar bien hasta que se empiece a secar el adherente (las semillas se despegan una de la otra).



Adicionar 300 a 400 gramos de roca fosfórica, yeso o cal por cada kg de semilla y mezclar muy suavemente con la mano, rotando el balde para recubrir las semillas.

5. Secado y Siembra



Sembrar lo más pronto posible (en menos de 24 horas) y evitar que se caliente la semilla.

Extender en la sombra para secar las semillas (15-20 minutos).

B I B L I O G R A F I A

- ACERO, L.E. (1985). *Arboles de la zona cafetera Colombiana*. Ediciones Fondo Cultural Cafetero, Bogotá, Colombia. 312p.
- BARRERA, F. (1979). *Arboles y bosques*. Acción Cultural Popular, Bogotá, Colombia. 128p.
- BENAVIDES, J.E. (1984). *Investigación en árboles forrajeros*. EN: Babbar, L. (comp.). *Curso Intensivo sobre Técnicas Agroforestales*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 27p.
- BOREL, R. (1987). *Sistemas silvopastoriles para la producción animal en el trópico y uso de árboles forrajeros en alimentación animal*. Memorias, 2a. Conferencia Nacional de Producción y Utilización de Pastos y Forrajes Tropicales. VI Encuentro Nacional de Zootecnia. Cali, Colombia. pp.194-233.
- BOTERO, R. y H.W. FASSBENDER (1984). *Micorrizas: eficiencia en la absorción de nutrientes en las plantas hospederas*. Documento Interno, Departamento de Producción Animal, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 28p.
- BOTERO, R. (1988). *Manejo de la explotación ganadera en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia*. CIAT, Programa Pastos Tropicales, Serie Boletines Técnicos No.2. Cali, Colombia (en prensa).
- BUDOWSKI, G. (1981). *Aplicabilidad de los sistemas agroforestales*. Traducción del inglés por Eduardo Somarriba. CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. 8p.
- CATIE (1984). *Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía*. Traducción de la edición en inglés por Vera Arguello. CATIE, - Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía. Turrialba, Costa Rica. 344p.
- DOMMERGUES, Y. (1982). *Ensuring effective symbiosis in nitrogen-fixing trees*. EN: Graham, P.H. and Harris, S.C. (Eds.). *Biological Nitrogen Fixation Technology for Tropical Agriculture*. CIAT, Cali, Colombia. pp.395-411.

- EL CHASQUI (1988). *Resumen Ejecutivo: Taller Internacional sobre Manejo y Mejoramiento de Gliricidia sepium*. CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. 16:36-40.
- ESCOBAR, C.J.; F. MUNEVAR y J.J. PEREA (1986). *Producción de hojarasca y transferencia de nutrientes en un bosque del Piedemonte Amazónico Amazónica*, ICA-CRI: Macagual, Boletín Técnico No.5, Florencia, Caquetá, Colombia. 6p.
- FASSBENDER, H.W. (1984). *Bases edafológicas de los sistemas de producción agroforestales*. CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. 192p.
- FERGUSON, J.E. y M. SANCHEZ (1986). *El control integrado de malezas en la producción de semillas forrajeras*. II Curso Intensivo sobre Producción de Semillas de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 21p.
- GLOVER, N.L. (1986a). *Collection, conservation and evaluation of Gliricidia sepium (Jacq) stand germoplasm*. Tesis MSc., Hawaii University. 69p.
- GLOVER, N.L. (1986b). *Vegetative propagation of Gliricidia sepium*. Nitrogen Tree Research Reports, EEUU, 4:62-63.
- GLOVER, N.L. (1986c). *Herbicide screening for Gliricidia sepium*. Nitrogen Tree Research Reports, EEUU, 4:59-61.
- HORNE, P.M., D.W. CATCHPOOLE y A. ELLA (1985). *Cutting management of tree and shrub legumes*. IN: *Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture*. ACIAR Proceedings No.12, Blair, G.J., Ivory, D.A. and Evans, T.R. (Eds.), Indonesia. pp.164-169.
- INFORME PROYECTO CATIE-CIID (1982). *Composición química, digestibilidad y consumo de follaje de Poró (Erythrina poeppigiana)*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp.56-57.
- JONES, R.J. (1977). *O lugar das leguminosas nas pastagens tropicais*. Revista Dos Criadores, Brasil, 573: 8-20.
- KASS, D.L., R. RUSSO y M. QUINLAN (1983). *Leguminous trees and nitrogen sources for annual crops*. Agronomy Abstracts, p.45.
- LASCANO, C. y SCHNEICHEL, M. (1984). *Bancos de proteína como alternativa para la suplementación de ganado en pastoreo*. CIAT, Cali, Colombia. 22p.
- LOZANO, O.R. (1962). *Postes vivos para cercas*. Turrialba, Costa Rica. 12(3): 150-152.
- WAIR, P.K.R. (1982). *Some considerations on soil productivity under agroforestry land use systems*. 12th International Congress of Soil Science, New Delhi. 15p.

- PRESTON, T.R. y R.A. LENG (1987). *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics*. PENAMBUL Books Ltd:Armidale, N.S.W., Australia.
- PRORRADAN (1979). *La Amazonia Colombiana y sus recursos*. IGAC, CIAF, F.F.A.A., Bogotá, Colombia. 550p.
- SANCHEZ, G. y L. PAYNE (1987). *Inventario de prácticas culturales utilizadas con Gliricidia sepium en Costa Rica - EL CHASQUI*. CATIE, Departamento de Recursos Naturales Renovables, Turrialba, Costa Rica. 15:5-15.
- SANCHEZ, P.A. (1981). *Suelos del trópico, características y manejo*. Traductor Edilberto Camacho, IICA, San José, Costa Rica. 634p.
- TORRES, F. (1983). *Role of woody perennials in animal husbandry*. Agroforestry Systems, Holanda, 1(2):131-163.