

PRODUCTIVIDAD, CALIDAD DE FORRAJES Y POTENCIAL DE PRODUCCIÓN Y DE CALIDAD EN PRODUCTOS DE ORIGEN ANIMAL EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

MVZ, MSc. Raúl Botero Botero. 2016. Engormix.com.
www.produccion-animal.com.ar

Volver a: [Manejo silvopastoril](#)

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la agroforestería, los árboles y arbustos de múltiple propósito 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 alindramiento de fincas, barreras rompeviento, control de erosión, refugio de avifauna silvestre, reciclaje de nutrientes, etc. Además, el follaje de algunos de ellos puede ser cosechado, bajo corte o pastoreo directo, para la suplementación animal.

Una característica de las especies leguminosas es la fijar nitrógeno (N) atmosférico en sus nódulos radicales y, a través del metabolismo, almacenarlo en su componente forrajero (hojas, pecíolos, tallos tiernos, flores y frutos) en forma de proteína cruda (N x 6,25), cuyo contenido varía entre 10 a 35%.

Su forraje contiene fibra larga, nitrógeno no proteico (NNP), proteína y grasa (Leng, 1988). La fibra larga, todo el NNP y una cantidad variable de la proteína, consumidos en el forraje arbóreo, son fermentados y utilizados como nutrientes 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 nutrientes en el ecosistema ruminal (Preston y Leng, 1989). Una cantidad variable de la proteína ligada a compuestos antinutricionales puede sobrepasar el aparato digestivo y salir inalterada en las heces (indigerible), sin que pueda ser utilizada como nutriente por los animales que consumen dicho forraje. 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.

Es importante recordar además, que las especies arbustivas y arbóreas lignifican principalmente en los tallos y no tanto en las hojas, como si lo hacen la gran mayoría de las gramíneas utilizadas para el pastoreo. De allí la mayor estabilidad en la calidad nutricional del follaje de las especies leñosas a través del tiempo.

Existe un alto número de especies y de ecotipos nativos e introducidos de leguminosas adaptadas a un amplio rango de zonas agroecológicas. Son especies perennes, con excepción de varios ecotipos de guandul (*Cajanus cajan*), *Codariocalyx gyroides* y *Sesbania sesban* que se comportan como semiperennes.

INTERACCIONES EN AGROFORESTERÍA

En la agroforestería desarrollada con arbustos y árboles de múltiple propósito se crean interacciones biológicas, ecológicas y económicas, las cuales pueden contribuir a lograr una producción sostenible. Algunas de las interacciones que han sido definidas por varios autores (Borel, 1987, 1993; Bronstein, 1983; Montagnini, 1992; Russo y Botero, 1996a; Torres, 1983) son:

1. Los arbustos y árboles leguminosos 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 magnesio.
2. 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.

3. 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- (Botero, 1988). 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 (De Alba, 1959).
4. Los arbustos y árboles pueden competir con la pastura y con los cultivos agrícolas por agua, nutrientes, luz y espacio. Los efectos de la competencia pueden ser mayores si los requerimientos de ambos componentes son similares. La caída natural de hojas y las podas ayudan a incrementar la disponibilidad de agua, de luz y de nutrientes para todos los componentes del sistema. La selección apropiada de especies y las podas selectivas (en cuanto a estación climática e intervalos de tiempo entre cortes) contribuyen a reducir la competencia entre los componentes en agrosilvopasturas.
5. Un alto número de animales o la disposición de los árboles en bloques pueden obligar a los animales a concentrarse en áreas reducidas para sombrear. El exceso de pisoteo puede afectar la cobertura de la pastura, localizada bajo la sombra, y causar erosión y compactación localizada del suelo. Estas condiciones también pueden afectar el crecimiento apropiado de los árboles. Además, la sombra favorece la presencia de insectos picadores y parásitos que afectan a los animales (Botero, 1992).
6. Las preferencias alimenticias de los animales pueden alterar la composición forestal. A largo plazo, solo persistirán aquellas especies leñosas no consumidas por los animales.
7. Se acelera el reciclaje de nutrientes en el suelo, hecho a través de los residuos de los cultivos agrícolas, de los forrajes o de las heces y orina depositadas por los animales durante el pastoreo.
8. Los animales pueden consumir las legumbres o frutos, aprovechando sus nutrientes, escarifican las semillas que contienen y las dispersan en las heces. Esto favorece su germinación y evita el consumo de las plántulas por parte de los animales, hasta tanto las excretas se incorporen al suelo transformadas en materia orgánica (Botero, 1992).
9. Muchas especies de gramíneas crecen mejor bajo la sombra de la copa de los árboles, producen mayor cantidad de forraje y tienen una mayor calidad nutritiva (menor contenido de fibra y mayor contenido de proteína cruda), comparadas con las gramíneas que crecen a plena exposición solar (Pinney, 1989; Daccarett y Blydenstein, 1968). Un efecto indeseable de la sombra sobre el forraje de las gramíneas de cobertura en silvopasturas, mencionado por algunos productores, es la reducción de su gustocidad. Esto puede obviarse haciendo pastoreo rotacional con carga animal apropiada, pastoreo de relevos (primero vacas lactantes y luego secas o bien vacas lecheras y luego animales de levante) o mediante el pastoreo conjunto de varias especies animales -bovinos con búfalos, cabras, ovejas, equinos, cerdos, venados o chigüiros- (Botero, 1992).
10. El búfalo de agua posee un alto potencial como animal de múltiple propósito (carne-leche-tracción-abono orgánico) para el trópico húmedo. La explotación de este rumiante, que no posee glándulas sudoríparas y por ello requiere de abundante sombra, sería más eficiente en sistemas agrosilvopastoriles.

SISTEMAS SILVOPASTORILES

a- Definición

El sistema silvopastoril es una combinación natural o una asociación deliberada de uno o de varios componentes leñosos (arbustivos y/o arbóreos) dentro de una pastura de especies de gramíneas y de leguminosas herbáceas nativas o cultivadas y su utilización con rumiantes y herbívoros en pastoreo (Combe y Budowski, 1979; Nair, 1985, 1989).

b- Opciones para el establecimiento de Silvopasturas

Existe la posibilidad de sembrar simultáneamente pasturas con arbustos y árboles o de introducirlos en pasturas ya establecidas (Silvopasturas). La principal limitante es el largo período de tiempo requerido para poder pastorear las silvopasturas así establecidas, sin comprometer la sobrevivencia de los arbustos y árboles. En este caso se deben trasplantar árboles provenientes de semilla directamente del vivero y esperar a que alcancen una altura y desarrollo que evite su daño por el ramoneo de los animales. Mientras los árboles alcanzan tal desarrollo, el forraje de la cobertura inferior se debe y puede cosechar en forma manual o mecanizada. También pueden sembrarse especies espinosas, cuyos árboles jóvenes no son ramoneados por los animales en pastoreo (*Acacia farnesiana*, *Pitcellobium dulce*, etc.).

Existe también la posibilidad de establecer las silvopasturas mediante cultivos agrícolas -Agrosilvopasturas- (Russo y Botero, 1996b), las opciones de cultivos son similares a algunas de las ya probadas para los sistemas agropastoriles en suelos ácidos tropicales (Vera, et al., 1993). Los arbustos y árboles pueden ser sembrados simul-

táneamente y desde el inicio, con varios ciclos de cultivos trimestrales en rotación, de cereales como arroz de secano, maíz, sorgo, millo; oleaginosas como soya, maní, ajonjolí, girasol; legumbres como caupí, canavalia, mungo, frijol de abono; o frutos como sandía o patilla, zapallo o ayote, cidra o chayote, melón, etc. (Botero, 1996). Los arbustos y árboles también pueden ser sembrados simultáneamente y desde el inicio con un cultivo anual o bianual como yuca, ñame, tiquisque, camote, jengibre, piña, guandul, plátano, papaya, etc.

Al cosechar el último cultivo se siembran las especies herbáceas (gramíneas puras o asociadas con leguminosas herbáceas), como cobertura del estrato inferior de la silvopastura. De la fertilización aplicada al cultivo, los nutrientes minerales residuales son aprovechados por la silvopastura (Botero, 1996). En la estrategia de establecimiento de silvopasturas a través de cultivos agrícolas, se logra obtener dinero en efectivo mientras se establecen los árboles, y se permite a los árboles crecer lo suficiente (mínimo 1½ años) para no ser dañados por el ramoneo de los animales, al iniciar el pastoreo de la silvopastura (Botero, 1992).

c- Resultados obtenidos con Sistemas Silvopastoriles

Históricamente, por más de 90 años en zonas de altura con suelos volcánicos en Costa Rica, algunos ganaderos han sembrado aliso o jaúl (*Alnus acuminata*) asociado en silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con gramíneas para corte como pasto elefante (*P. purpureum*). Los árboles provienen de la regeneración natural o son producidos en vivero y plantados a distancias de 8m x 13m (96 árboles/ha). Estos ganaderos afirman que sus vacas producen más leche en estas silvopasturas que en pasturas sin árboles. Para proteger los árboles jóvenes del daño por el ganado, los ganaderos construyen cercados individuales y temporales alrededor de cada árbol, hasta que el ganado no alcance a ramonear los nuevos brotes.

Los árboles de aliso seleccionados para corte, después de 15 a 20 años de crecimiento alcanzan 35 a 40 cm de diámetro a la altura del pecho – DAP y proporcionan leña y madera. El *A. acuminata* al igual que la *Casuarina spp* poseen la ventaja de que se asocian con actinomicetos (bacterias filiformes) del género *Frankia* que fijan nitrógeno en nódulos que forman en las raíces de estas especies (Russo, 1990).

Beer (1980), reportó el caso de una finca en Santa Cruz de Turrialba, Costa Rica, en donde árboles de poró gigante, cámbulo o cachimbo (*E. poeppigiana*) han sido plantados como silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) desde 1930.

Los casos experimentales han mostrado resultados promisorios en silvopasturas de *E. poeppigiana* con cobertura de las gramíneas forrajeras estrella africana -*Cynodon plectostachyus*- (Alpizar, 1987; Bronstein, 1983) y con king grass (*P. purpureum* X *P. typhoides*) (Benavides, 1994; Benavides et al., 1994; Rodríguez, 1984; Kass, 1994). En el primer caso, durante cinco años, el forraje cosechado de *C. plectostachyus* asociado con *E. poeppigiana* produjo 60% mayor rendimiento que la misma gramínea asociada con laurel o nogal (*Cordia alliodora*), un árbol maderable que no fija nitrógeno. El king grass produjo 14% más forraje asociado con *E. poeppigiana*, comparado con la producción obtenida de la gramínea pura.

Árboles de *Erythrina poeppigiana* plantados desde 1977, fueron podados a 2.5m de altura y asociados a 6 x 6m (280 árboles/ha) con ocho gramíneas para pastoreo. Los árboles fueron cosechados mediante poda cada seis meses. Las gramíneas *Panicum maximum* CIAT 16051 y 16061, *Brachiaria brizantha* CIAT 664 y 6780, *Brachiaria humidicola* CIAT 633 y *Cynodon nlemfuensis* tuvieron entre 10 y 34% mayor producción de forraje y también mayor contenido de proteína cruda asociadas en la silvopastura con *E. poeppigiana*, comparadas con las mismas gramíneas puras. La producción de forraje de *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133 y de elefante enano (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) disminuyó en 10% cuando estaban asociadas con *E. poeppigiana* (CATIE, 1991).

En Colombia desde 1987, *Erythrina fusca* (pízamo, bucare o poró blanco) fue asociado a 4 x 4 y 3 x 3 metros (625 y 1111 árboles/ha) con la gramínea forrajera estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*).

Los árboles se cosechan mediante poda cada tres meses, rindiendo desde entonces 30 y 50 ton/ha/año de forraje verde que, con una oferta del forraje arbóreo oreado del 3% del peso vivo de los animales, han permitido suplementar a 8 y 13 bovinos/ha/año, respectivamente. La gramínea de cobertura en la silvopastura ha producido 84 ton/ha/año de forraje verde, lo que ha permitido, mediante pastoreo rotacional y sin fertilización ni riego, mantener una carga de 3.0 U.A/ha (Rodríguez y Cuellar, 1993).

El reciclaje de nutrimentos minerales, como parte de la sostenibilidad del sistema, es mayor a través de las heces de los animales en los sistemas silvopastoriles que en las pasturas tradicionales sin árboles, arbustos o hierbas leguminosas (Botero, 1993).

Los minerales contenidos en las heces de vacas pastoreando en silvopasturas de chiminango, payandé o gallinero (*Pithecellobium dulce*) con cobertura de *Brachiaria decumbens* CIAT 606 asociada con *Centrosema acutifolium* CIAT 5568, comparados con su contenido en las heces de vacas pastoreando en pasturas de *Brachiaria decumbens* CIAT 606 pura, se relacionan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. Contenido mineral en las heces y reconcepción de vacas lactantes en un sistema de doble propósito bajo pastoreo rotacional en pasturas de gramínea pura comparadas con silvopasturas. Hda Miravalle, Fondo Ganadero del Valle del Cauca S.A., Colombia.

| TIPO DE PASTURA | Contenido mineral en las heces (% M.S) | | | | | Preñez (%) |
|-----------------|--|------|------|-----|-----|------------|
| | N | P | K | Ca | Mg | |
| Gramínea pura | 1.13 | 0.36 | 0.82 | 0.6 | 0.4 | 33 |
| Silvopastura | 1.46 | 0.42 | 1.17 | 0.9 | 0.5 | 58 |

FUENTE: Adaptado de Botero, 1993.

La producción de leche bajo este sistema de doble propósito y durante una lactancia completa fue 24% mayor y la reconcepción al finalizar la lactancia 75% superior en el grupo de 12 vacas pastoreando en las silvopasturas, comparado con el grupo, de igual número de vacas, pastoreando en las pasturas de gramínea pura (Botero, 1993; Ramírez, 1991).

La granja “El Hatico” en Colombia posee 135 hectáreas de silvopasturas, con predominio de la especie leguminosa algarrobo forrajero (*Prosopis juliflora*), con cobertura de varias gramíneas introducidas en asociación con leguminosas herbáceas nativas.

Estas silvopasturas poseen una población promedio de 35 árboles/ha que producen 50 kg de legumbres/árbol/año. Esta legumbre, que se produce durante las dos épocas anuales de sequía y que se cae sola al suelo, una vez madura, tiene un alto valor nutritivo (14% de proteína y 50% de azúcares solubles) y el ganado la consume directamente del suelo (Molina, et al., 1996). Adicional a las legumbres, se obtiene leña de las podas de formación de los árboles y de las entresacas durante el manejo de la regeneración natural y postes para cercas muertas, que logran una duración de 15 años sin ningún tratamiento de preservación (Molina, et al., 1996).

El sector agropecuario, genera el 37% de los GEI en Costa Rica (Instituto Meteorológico Nacional, 2008), y es el único que puede compensar sus propias emisiones, aumentar su resiliencia o bien adaptarse al cambio climático, así como también reducir las pérdidas causados por los fenómenos climáticos extremos.

Dentro del sector agropecuario, la ganadería es el mayor emisor de gases de efecto invernadero- GEI, debido a que la fermentación que ocurre en el tracto digestivo de los rumiantes, produce metano (CH₄).

Además en sistemas de ganadería intensiva la fertilización nitrogenada de las pasturas emite óxido nitroso (N₂O), cuyo efecto de calentamiento global es 310 veces mayor al del CO₂. Sin embargo, los sistemas de producción de rumiantes en general, son los que tienen el mayor potencial de reducir las emisiones de GEI. Esto se logra, gracias a que los forrajes con mayor digestibilidad natural aumentan la eficiencia y la utilización del nitrógeno en su fertilización, además de que se logra también la máxima captura y retención de carbono en los suelos y en algunos de los forrajes herbáceos, arbustivos, arbóreos y acuáticos, nativos e introducidos, al ocupar la ganadería bovina la mayor área de suelos abierta en América Tropical.

Con relación a la capacidad de mitigación y de compensación Costa Rica tiene bajo potencial, ya que el 52 % del territorio nacional está actualmente cubierto por bosques (FONAFIFO, 2012), e internacionalmente se acepta que la compensación se debe iniciar en paralelo con la emisión. Esto implica que si se piensa compensar mediante el cultivo de árboles, estos deberían sembrarse en forma escalonada (Figuras 2 y 3). Además, debe quedar claro que solamente se deben cortar los árboles que ya no tengan potencial de crecimiento, puesto que solo aquellos que están creciendo activamente capturan carbono de la atmósfera, en cantidades importantes.

Cuadro 2. Emisiones por animal/año en metano (CH₄) y en CO₂* equivalente, en una lechería de 30 hectáreas y 100 cabezas bovinas.

| CATEGORÍA BOVINA | Emisiones/animal/año | | Animales Cabezas | Emisión/año CO ₂ * ton |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|-----------------------------------|
| | CH ₄ Kg | CO ₂ * kg | | |
| TERNERAS | 20,0 | 420,0 | 22 | 9,2 |
| NOVILLAS DE REEMPLAZO | 48,7 | 1022,0 | 17 | 17,4 |
| VACAS | 85 | 1785,0 | 60 | 107,1 |
| TOROS | 111,7 | 2345,7 | 1 | 2,3 |
| TOTALES | | | 100 | 136 |

FUENTE: Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica, 2011.

En el Cuadro 2, se observan las emisiones anuales, según la categoría animal y por el hato total, expresadas en kilogramos de metano (CH₄) y de CO₂ equivalente.

En el Cuadro 3, se listan algunas especies forestales con tasas reales de crecimiento, las cuales, dependiendo de la zona de establecimiento, tipo de suelo, y del mantenimiento recibidos, consiguen ser cosechadas cada 13 a 14 años.

d- Mitigación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero – GEI

CUADRO 3. Potencial de captura de CO₂ equivalente por especies de árboles de uso común en fincas ganaderas tropicales.

| GÉNERO | Nombre | Edad | DAP | Altura | Densidad | Carbono | CO ₂ * | COMPENSACIÓN |
|---------------------|-----------|-------------|-------------|-----------|------------------|-------------|-------------------|--------------|
| | común | años | cm | m | g/m ² | % | ton | |
| <i>Centroporium</i> | Guayaón | 13 | 36 | 12 | 0,46 | 51,8 | 0,57 | 240 |
| <i>Schizolobium</i> | Gallinazo | 14 | 55 | 17 | 0,36 | 50,2 | 1,40 | 97 |
| <i>Cordia</i> | Laurel | 14 | 55 | 17 | 0,42 | 50,0 | 1,59 | 86 |
| <i>Eucalyptus</i> | Eucalipto | 13 | 55 | 18 | 0,36 | 48,0 | 1,44 | 95 |
| <i>Terminalia</i> | Amarillón | 14 | 55 | 16 | 0,55 | 55,0 | 2,43 | 56 |
| PROMEDIO | | 13,6 | 51,2 | 16 | 0,43 | 51,0 | 1,48 | 92 |

* CO₂ equivalente

FUENTE: Álvarez, 2008 y Dzib, 2003.

Comparando los Cuadros 2 y 3 se puede observar la cantidad de CO₂ equivalente emitida en promedio por cada animal en un año y la cantidad de CO₂ equivalente que es fijada en promedio por cada árbol, de cada género evaluado, sembrado anualmente. Se puede decir que si los ganaderos sembraran un árbol/animal/año, que al final de los 14 años de crecimiento logre un DAP de 50 centímetros y 16 metros de altura libre, podrán compensar las emisiones de CO₂, equivalentes a las que emite cada animal anualmente.

Por ello, en la lechería del Cuadro 2 se deberían sembrar 92 árboles/año, para compensar la emisión de GEI, que genera este hato anualmente por concepto de fermentación entérica. Adicionalmente, si la madera de los árboles que se cosechan se utiliza para la construcción de viviendas, muebles y otros enseres, esta seguirá almacenando el carbono capturado, mientras otros árboles, que sean sembrados en el mismo sitio, continuarán capturando más carbono ocioso de la atmósfera.

Se procede de igual forma para la compensación del fertilizante nitrogenado aplicado a los potreros (Cuadro 4). Partiendo del supuesto de que la finca posee un área efectiva de pastoreo de 30 hectáreas y un 1% de volatilización a la atmósfera del nitrógeno aplicado, en la forma de Óxido Nitroso - N₂O.

Se observa que aplicando 300 kg de nitrógeno/ha/año en cada una de las 30 hectáreas, se necesitarían compensar 28 toneladas de CO₂ equivalente/año, lo cual sería compensado por la siembra de 19 árboles/año (Cuadro 4).

Cuadro 4. Compensación con árboles, de la fertilización nitrogenada en la emisión de N₂O, convertido a CO₂ equivalente.

| Aplicación | Emisión | | Compensación | |
|------------|-------------------|-------------------|--------------|---------|
| | CO ₂ * | CO ₂ * | Árboles | |
| kg/ha/año | kg/ha/año | ton/30ha/año | año | ciclo** |
| 50 | 155 | 4,7 | 3 | 41 |
| 100 | 310 | 9,3 | 6 | 82 |
| 150 | 465 | 14,0 | 9 | 123 |
| 200 | 620 | 18,6 | 13 | 163 |
| 250 | 775 | 23,3 | 16 | 204 |
| 300 | 930 | 27,9 | 19 | 245 |

* CO₂ equivalente

** Ciclo con duración de 13,6 años

FUENTE: Abarca, S. 2013.

Si se siembran todos los árboles requeridos para compensar, no solo la fermentación entérica, sino también las emisiones de la aplicación de 300 kg/ha/año de fertilizante nitrogenado, se llega a 111 árboles por año, por un período máximo de 13,6 años, lo cual equivale a la siembra total de 1510 árboles.

Si los árboles se siembran en bloque, sin otros usos, a 6m x 6m (equivalentes a 278 árboles/ha), se necesitaría sembrar 5,4 hectáreas en total. Si se siembran en un sistema silvopastoril, con árboles maderables, a una distancia de 10 m x 10 m (equivalentes a 100 árboles/ha), en surcos dirigidos de oriente a occidente, sobre el recorrido del sol, en bloque, pero en forma escalonada, el área destinada a la compensación es equivalente a 15,1 hectáreas, pero si se siembran como prácticas agroforestales, se pueden sembrar árboles maderables como cercas vivas, a 5 metros de distancia entre cada uno de ellos, en tal caso se requerirían 7,6 kilómetros de perímetro.

Figura 1.



Figura 2.



Figura 3.



e- Producción de carne comparada entre una pastura nativa o introducida y un Sistema Silvopastoril normal - SSP o un Sistema Silvopastoril Intensivo – SSPi - en el trópico

Como se consigna en las Figuras 1, 2 y 3, las pasturas degradadas y mejoradas son emisoras netas de 3153 y de 3259 kg de CO2 equivalente/ha/año, producen 78 y 342 kg de carne/ha/año, con cargas de 0,85 y 2,3 U.A./ha/año respectivamente. Los SSP tienen un balance positivo de 8800 y los SSPi de 26565 kg de CO2 equivalente/ha/año, al estar asociados con árboles maderables y enriquecida con 10.000 arbustos/ha de *Leucaena leucocephala*. Ambos con una carga de 3 U.A./ha/año producen 712 kg de carne/ha/año, equivalentes a la ganancia de 650 gramos/animal/día.

f- Producción de biomasa y su calidad en los Sistemas Silvopastoriles

En el cuadro 5 se documenta la producción de biomasa y su calidad forrajera comparada entre dos tipos de pastura evaluados, una pastura de gramínea pura *Cynodon nlemfuensis*, sin árboles, y fertilizada con 400 kg/ha/año de urea, y una silvopastura con 35 árboles/ha y enriquecida con la siembra del arbusto *Leucaena* sp y sin fertilización nitrogenada. La producción de biomasa forrajera fue mayor en 6,3 toneladas/ha/año, la cantidad de proteína se incrementó en 1,6 toneladas/ha/año, el contenido de energía metabolizable fue mayor en 13346 kg/ha/año, y los contenidos de Calcio y de Fósforo fueron mayores en 59,2 y 14,1 kg/ha/año respectivamente, siempre a favor de la silvopastura enriquecida con *Leucaena*.

| Producción y Calidad del forraje en Monocultivo de Pasto Estrella VS Sistema Silvopastoril Intensivo Reserva Natural El Hatico | | |
|--|---|---|
| VARIABLE | Monocultivo Pasto Estrella + 184 kg de N₂/ha/año | SSPi <i>Leucaena</i> 10,000/ha + 35 Árboles naturalizados/ha + Pasto Estrella + 0 kg de N₂/ha/año |
| Biomasa ton M.S./ha/año | 23,2 | 29,5 (>27,15%) |
| Proteína Cruda ton M.S./ha/año | 2,5 | 4,1 (>64,0%) |
| Energía Metaboliz. Mcal/ha/año | 56876 | 70222 (>23,46%) |
| Calcio kg/ha/año | 83,2 | 142,32 (>71,05%) |
| Fósforo kg/ha/año | 74,0 | 88,81 (>20,01%) |

FUENTE: Adaptado de Molina y Uribe, 2002.

Figura 4.

| Análisis Bromatológico de los SSPi Reserva Natural El Hatico-2003 | | | | | | | |
|---|-------|------|----------|-------|-------|-------|------|
| FORRAJE | MS | N | Proteína | Grasa | FB | ENN | EM |
| Algarrobo (vaina) | 80,84 | 1,29 | 8,06 | 1,07 | 35,98 | 51,79 | 1,94 |
| Guinea Tanzania | 32,32 | 2,00 | 12,50 | 2,27 | 42,44 | 29,86 | 1,80 |
| Guinea Mombaza | 29,54 | 1,47 | 9,18 | 1,88 | 45,32 | 31,62 | 1,75 |
| Estrella africana – 40 días | 29,81 | 2,55 | 15,93 | 2,17 | 35,26 | 36,97 | 1,96 |
| Leucaena – 38 días | 35,68 | 4,53 | 28,31 | 3,85 | 13,80 | 47,37 | 2,38 |
| Madero negro | 24,20 | 4,01 | 25,06 | 2,96 | 17,64 | 45,57 | 2,31 |
| Vainillo (vaina) | 83,38 | 1,24 | 7,75 | 0,62 | 55,27 | 32,36 | 1,56 |


FUENTE: Ceballos A. RN El Hatico, 2004

La alta calidad de los forrajes consumidos por las vacas en producción de leche en pastoreo en los Sistemas Silvopastoriles Intensivos se consigna en la Figura 4.

g- Parámetros productivos, reproductivos y de calidad de leche en un Sistema Silvopastoril Intensivo – SSPi.

| CUADRO 6. PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS RESERVA NATURAL EL HATICO 1999-2010 | | | |
|--|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Parámetro | Promedios | Desviación Estándar | Número de datos |
| Prod. Leche 305 días. (Litros) | 3030 10 lt/día | ± 997 | 2440 |
| Intervalo entre partos. (Meses) | 12,8 94% Natalidad/año | ± 2,1 | 1784 |

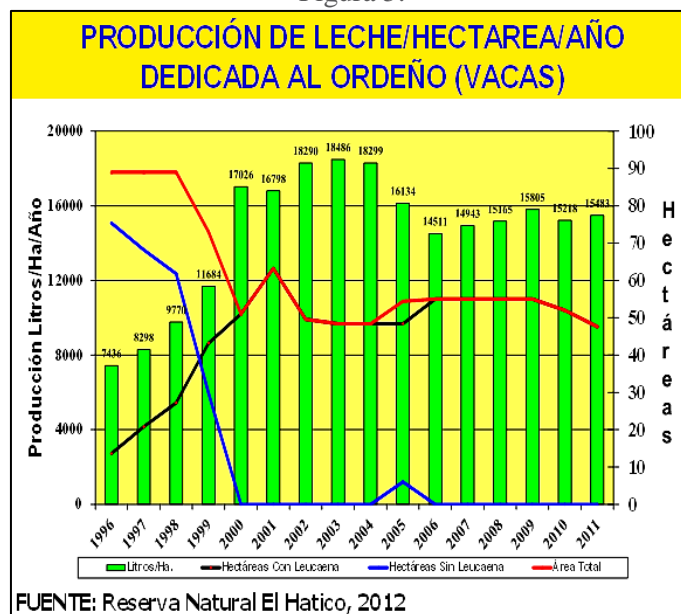
| | |
|---------------------|-----|
| % Grasa en Leche | 3,8 |
| % Proteína en Leche | 3,2 |



FUENTE: Molina, C.H. 2012.

La producción de leche aumentó en un 126 % en las silvopasturas enriquecidas con *Leucaena*, desde el inicio del año 1996 (desde 7.436 lt/ha/año) hasta terminar el año 2001 (con 16.798 lt/ha/año), durante los seis años, en los que se enriquecieron las silvopasturas, mediante la introducción de la *Leucaena*. A partir del año 2001 y hasta el año 2011 (durante los últimos 11 años) la producción promedio de leche se ha mantenido estable en un promedio de 16.285 lt/ha/año, equivalentes a un incremento promedio del 119 %, comparando con el año inicial 1996 (Figura 5). Los parámetros productivos y reproductivos sin suplementación de concentrado comercial (Cuadro 6) han sido altos y estables: 3030±997 litros de leche/vaca/lactancia, con una alta calidad, pues su contenido de grasa ha sido del 3,8% y su contenido de proteína del 3,2% y con 12,8±2,1 meses de intervalo entre partos, equivalente a una natalidad del 94% en 250 vacas en ordeño/año de la Raza Lucerna (Trihíbrido entre Holstein Friesian X Milking Shorthorn X Criollo Hartón del Valle).

Figura 5.



h- Cambios ocurridos en el contenido de la materia orgánica en el suelo, comparando entre el Bosque primario nativo y Potreros y entre el suelo y el dosel en Sistemas Silvopastoriles Intensivos de diferentes rangos de edades de establecimiento, a partir de los mismos Potreros.

En comparación con el bosque primario nativo, existente en la misma finca, que posee el mayor contenido de materia orgánica en el suelo (4,27%), los potreros hasta 1994 tenían un contenido de materia orgánica del 2,91%, la cual se había reducido en un 31,85% con respecto al bosque. Sin embargo, en los Sistemas Silvopastoriles In-

tensivos se ha venido recuperando de nuevo el contenido de materia orgánica en el suelo a medida que transcurren los años, acercándose cada vez más a su contenido en el suelo del bosque nativo. (Figura 6.)

Figura 6.

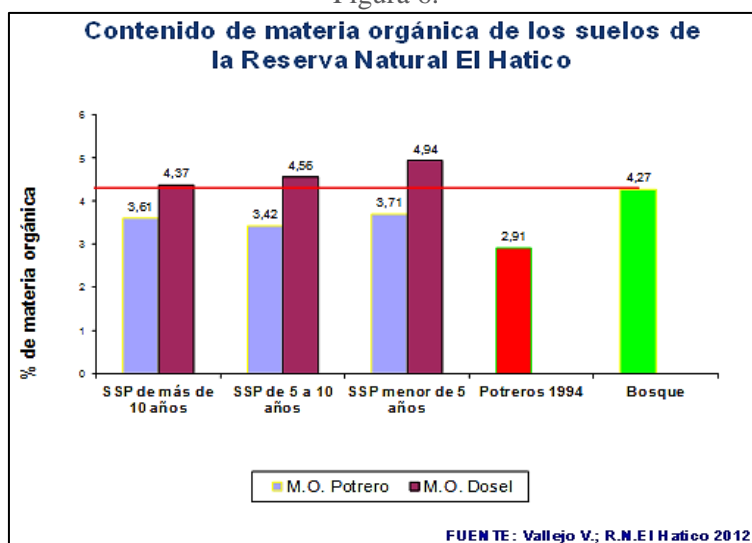
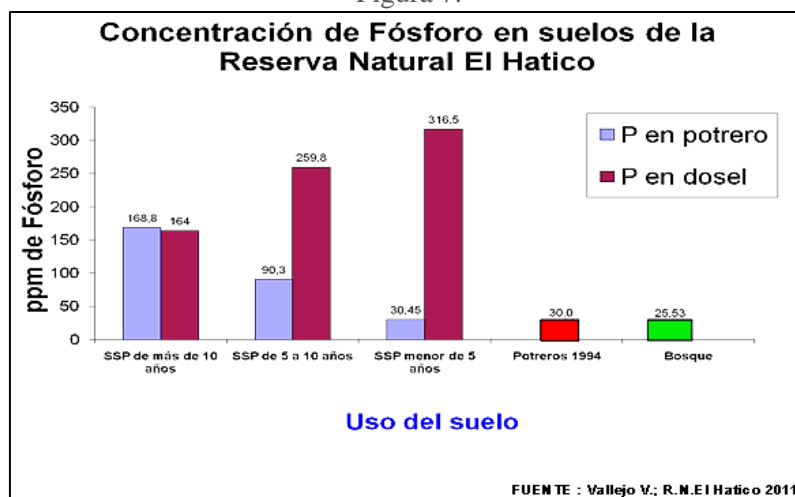


Figura 7.



i- Cambios ocurridos en el contenido de fósforo en el suelo (medido con el extractante Bray II), comparando entre el Bosque primario nativo y Potreros y entre el suelo y el dosel en Sistemas Silvopastoriles Intensivos de diferentes rangos de edades de establecimiento, a partir de los mismos Potreros.

Con relación al contenido de fósforo en el suelo, comparando el Bosque primario nativo con los Potreros, este es muy similar 25,5 ppm VS 30 ppm y en ambos suelos no existe deficiencia de fósforo. En el caso de los Sistemas Silvopastoriles Intensivos que llevan menos de cinco años de establecidos, estos contienen el mismo nivel de fósforo (30, 45 ppm) que en el suelo del Bosque y los Potreros. En el rango de entre 5 a 10 años de establecidos subió a 90,3 ppm de fósforo y en los SSPi con más de 10 años de establecidos subió a 168,8 ppm de fósforo en el suelo. En contraste, el contenido de fósforo en el dosel fue menor a través del mayor número de años de establecimiento, aunque continúa siendo muy alto en los SSPi con más de 10 años de edad de establecimiento (164 ppm de fósforo), como se observa en la Figura 7.

A partir del año 2005, se pudo reducir el contenido de fósforo del 12 al 4% en la sal mineralizada que consumen los animales del hato, sin comprometer la alta eficiencia en los parámetros productivos y reproductivos, como se visualiza en el Cuadro 7 y reducir significativamente los costos por concepto de suplementación mineral (Cuadro 8). Esto es importante dado que actualmente, después del petróleo, el fósforo es uno de los productos más escasos a nivel mundial (Botero, 2012).

| CUADRO 7. Composición de la sal mineralizada Reserva Natural El Hatico 2005 | | | |
|--|---|--------------|--|
| INGREDIENTES | Sal Mineralizada Producción 1984 - 2004 | Sal Preparto | Sal Mineralizada Producción 2005 + |
| Sal Blanca (NaCl) | 32 | 90 | 54 |
| Calcio | 12,5 | ---- | 10 |
| Fósforo | 12 | ---- | 4 |
| Cobre | 0,1 | 0,25 | 0,3 |
| Cobalto | 0,005 | 0,01 | 0,01 |
| Magnesio | 0,3 | 2,0 | 2,0 |
| Manganeso | 0,2 | 0,05 | 1,0 |
| Zinc | 0,5 | 0,7 | 1,0 |
| Azufre | 1,0 | 4,0 | 4,0 |
| Yodo | 0,01 | 0,015 | 0,015 |
| Selenio | 0,005 | 0,004 | 0,008 |
| Hierro | 0,6 | ---- | ---- |

| CUADRO 8. Economía en la suplementación de sal mineralizada anual Reserva Natural El Hatico, 2009 | |
|--|------------------------------|
| Inventario ganadero | 650 Bovinos |
| Consumo diario de sal mineralizada en pasto estrella monocultivo | 60 gr/día |
| Consumo anual total de sal mineralizada en pasto estrella monocultivo | 14.235 kg/año |
| Costo de la sal con 10% de fósforo | \$ 1.840 por kg |
| Total costos por año | \$ 26.192.400 |
| Consumo de sal mineralizada en SSPi | 30 gr/animal/día |
| Total consumo de sal mineralizada en SSPi | 7.117 kg/año |
| Costo de la sal al 4% de fósforo | \$ 1.120 por kg |
| Total costos por año | \$ 7.971.600 |
| Diferencia (ahorro) | \$ 18.220.800 (US \$ 10.000) |

j- Biodiversidad funcional

Ante la no aplicación de herbicidas, fungicidas e insecticidas durante los últimos 20 años, se ha logrado una alta biodiversidad funcional, que ha permitido el control biológico de plagas y enfermedades y se han reducido sensiblemente los costos que conlleva su aplicación y el daño ecológico que ellos ocasionan (Figuras 8; 9 y 10).

Figura 8.

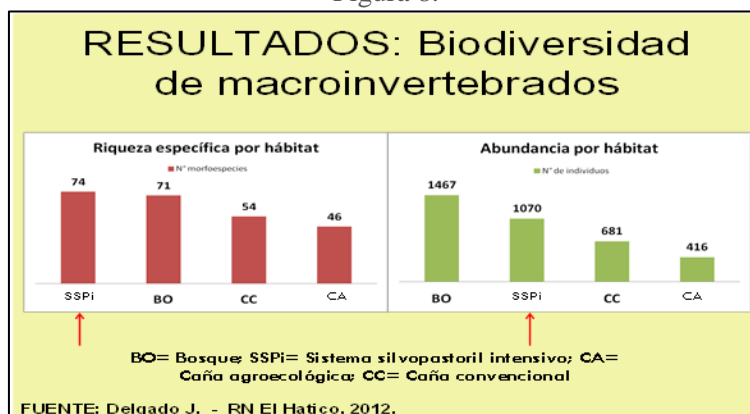


Figura 9.

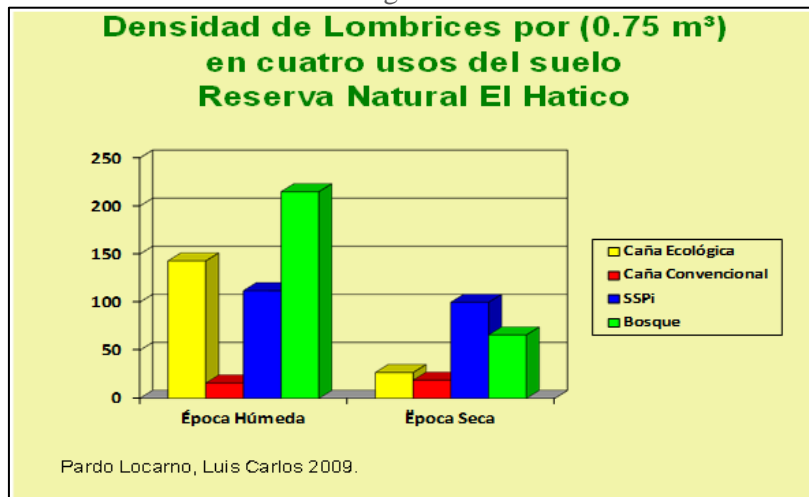


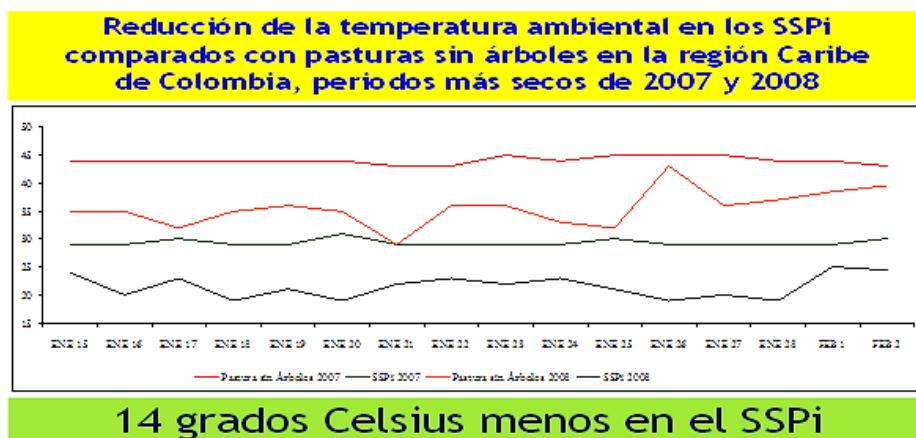
Figura 10.



k- Bienestar animal

La temperatura ambiental se puede reducir sensiblemente por efecto de la sombra de los árboles y este efecto es más marcado durante la época seca en el trópico (Figura 11). Una reducción marcada de la temperatura ambiental (-14°C) permite producir con animales en pastoreo de razas especializadas en producción de leche y de carne de mayor calidad en el trópico.

Figura 11.



FUENTE: Lopera, Cuartas y Murgueitio, 2009.

Otra opción, con relación al aprovechamiento de los arbustos y árboles, con todo tipo de aptitud productiva, existentes en un Sistema Silvopastoril, consiste en hacer podas escalonadas, raleos, entresacas o la cosecha paulatina sobre dichos árboles (Figura 12), ya sea para utilización propia o para venta de madera y/o de leña; también

para elaborar carbón vegetal de alta calidad energética (Figura 13 y Cuadros 9; 10 y 11), o para la gasificación de la biomasa vegetal, mediante la utilización de una desbrozadora para moler y reducir la madera a la forma de aserrín (Figura 13)

Se introduce entonces el aserrín dentro de un gasificador de biomasa y se consume mediante pirólisis incompleta (en ausencia casi total de oxígeno), para la producción de alquitrán, biocarbón y gas de síntesis (Figura 13). En la producción de gas de síntesis, a partir de biomasa, con 0,5 kg de carbón de algarrobo se genera el equivalente a 1 kw/hora de energía y con 3,5 kg de carbón se generan 7 kw/hora de energía, que son suficientes para abastecer diariamente la energía eléctrica que consume una familia de 8 personas.

Figura 12. Utilización en pastoreo y poda, raleo y entresaca de los árboles forrajeros y cosecha de árboles maderables establecidos por regeneración natural y por enriquecimiento.



Sistemas Silvopastoriles Intensivos, y bovinos Bos taurus adaptados una alternativa para enfrentar las consecuencias del Cambio Climático

Figura 13. Pila para la elaboración de carbón vegetal, picado de la madera rameal para convertirla en aserrín y gasificador de la biomasa, para la elaboración de alquitrán, biocarbón y para la producción de gas de síntesis.



Cuadro 9. Producción de carbón vegetal con base en árboles forrajeros de un sistema silvopastoril.

| Nombre Común | Género y Especie | Peso total metros cúbicos | Producción de Carbón m ² (%) | Producción de Carbonilla m ² | Material sobrante m ² |
|--------------|------------------------------|---------------------------|---|---|----------------------------------|
| Algarrobo | <i>Prosopis juliflora</i> | 493 | 105 (21) | 17 | 29 |
| Guazimo | <i>Guazuma ulmifolia</i> | 401 | 55 (14) | 17 | 24 |
| Leucaena | <i>Leucaena leucocephala</i> | 542 | 63 (12) | 11 | 20 |
| Matarratón | <i>Gliricidia sepium</i> | 643 | 69 (11) | 18 | 23 |
| Samán | <i>Albizia saman</i> | 456 | 57 (13) | 27 | 38 |

FUENTE: Fernández, Y.; R. N. El Hatico, 2008.

Cuadro 10. Caracterización térmica de la biomasa. Análisis Elemental.

| CONTENIDO % | MADERA ALGARROBO | CARBÓN ALGARROBO | BAGAZO CAÑA DE AZÚCAR |
|-------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Humedad | 12.03 | 7.87 | 16.03 |
| Cenizas | 2.82 | 11.99 | 5.41 |
| Carbono | 46.62 | 74.00 | 43.48 |
| Hidrógeno | 5.73 | 2.33 | 5.10 |
| Nitrógeno | 0.20 | 0.40 | 0.85 |
| Azufre | 0.08 | 0.23 | 0.10 |
| Oxígeno | 32.52 | 3.18 | 29.03 |

FUENTE: Madriñan M. Santiago,; R.N. El Hatico, 2011.

Cuadro 11. Caracterización térmica de la biomasa. Análisis Proximal.

| CARACTERIZACIÓN | MADERA ALGARROBO | CARBÓN ALGARROBO | BAGAZO CAÑA DE AZÚCAR |
|---------------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| Humedad (%) | 12.03 | 7.87 | 16.03 |
| Materia Volátil (%) | 70.65 | 17.20 | 69.71 |
| Cenizas (%) | 2.82 | 11.99 | 5.41 |
| Carbón Fijo (%) | 14.50 | 62.94 | 8.85 |
| Poder Calorífico (BTU/lb) | 7024 | 11136 | 6999 |
| Azufre (%) | 0.08 | 0.23 | 0.10 |

FUENTE: Madriñan M. Santiago,; R.N. El Hatico, 2011.

En las regiones de clima cálido en Venezuela, durante el mes de marzo de cada año se maduran y caen al suelo las legumbres del árbol de samán (*Albizia o Samanea saman*). Estas legumbres son bien consumidas por el ganado bovino en pastoreo y algunos campesinos las cosechan en el campo y luego las venden en las orillas de las carreteras, los productores las compran para la suplementación de bovinos, ovinos, caprinos y equinos.

Leucaena leucocephala se incluye dentro de estas especies, aunque su mayor producción y persistencia se logra en suelos bien drenados, profundos, con alta fertilidad natural y neutros o calcáreos. Sin embargo, algunas especies, ecotipos e híbridos experimentales logrados de este género, crecen en una amplia gama de suelos incluyendo los medianamente ácidos, con pH mayor de 5,5 y saturación de aluminio de media a baja (Hutton, 1995; Shelton y Brewbaker, 1994).

Es conveniente que los sistemas silvopastoriles sean lo suficientemente flexibles para permitir que se puedan cambiar rápidamente y de manera temporal, intermitente o permanente a cualquier otro tipo de explotación con cultivos agrícolas bajo los árboles (agrosilvopasturas), cuando sea necesario renovar, resembrar, complementar o cambiar el componente arbóreo o herbáceo de la silvopastura, o cuando el momento económico del país, la región o la finca así lo exijan (Botero, 1995).

BANCOS FORRAJEROS

a- Definición

Son áreas compactas, cercanas a las instalaciones de manejo y alimentación de los animales (corrales, establos, etc.), destinadas exclusivamente a la producción de forrajes de alta calidad y volumen, para su utilización en la suplementación animal, bien sea que se maneje bajo corte o bajo pastoreo.

b- Opciones para el establecimiento de bancos forrajeros

Si el banco forrajero se establece exclusivamente con AFN (banco de proteína), el nitrógeno que ellos fijan y que podría ser aprovechado por otras especies forrajeras, asociadas dentro del mismo banco, es finalmente utilizado por especies vegetales no deseadas en el sitio (Plantas arvenses). Por ello uno de los componentes más apropiados, en mezcla o como cobertura de los bancos forrajeros, son las gramíneas, puesto que son especies que no fijan nitrógeno, pero que si lo demandan en alta cantidad, sean ellas utilizadas para corte (Ej: caña de azúcar, king grass, elefante, maralfalfa, etc.) o para pastoreo (Ej: estrella, guinea, braquiarias, etc.). A este último sistema se lo denomina actualmente como banco de energía. El banco de energía de arbustos y árboles en mezcla o con cobertura de gramíneas no elimina la posibilidad de asociación de su cobertura con leguminosas herbáceas nativas o introducidas y preferiblemente no volubles o no trepadoras (Ej: *Desmodium*, *Stylosanthes*, *Arachis*, *Aeschynomene*, *Cassia*, *Chamaecrista*, *Indigofera*, *Zornia*, etc.).

La asociación adicional con otras especies fijadoras de nitrógeno (leguminosas herbáceas) incrementa la cantidad de nitrógeno fijado por el sistema. Esto permite incluir, en líneas alternas, otras especies herbáceas, arbustivas y/o arbóreas de alta calidad forrajera, que son altamente consumidas por bovinos, cerdos, aves, conejos, peces, etc.; (Ej: morera, amapola, nacedero, ramio, pringamosa u ortiga, botón de oro, bleado, camote, bore, etc.) y reduce sensiblemente la necesidad de aplicación de fertilizantes nitrogenados en estas especies forrajeras que no lo fijan, pero que si lo demandan en una alta cantidad (Benavides, et al., 1995). La mezcla de varias especies dentro del banco forrajero crea una alta biodiversidad que reduce sensiblemente el ataque de plagas y enfermedades (Botero, 1992).

c- Resultados obtenidos con Bancos Forrajeros

La siembra de AFN por semilla sexual es más conveniente que su propagación mediante estacas, debido a que el vigor, la tolerancia al corte, al pastoreo y a la sequía, la sobrevivencia y el potencial productivo son mayores en las leñosas provenientes de semilla sexual. Esto fue observado y medido en bancos forrajeros de madero negro (*Gliricidia sepium*) en la granja El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. Los resultados se consignan en los Cuadros 12 y 13.

Cuadro 12. Sobrevivencia de arbustos de *Gliricidia sepium* en bancos forrajeros plantados por semilla sexual o por estaca a tres diferentes espaciamientos y después de 10 cortes (40 meses a partir de la siembra).

| Espaciamiento (m) | Sobrevivencia según material usado para la siembra (%) | |
|-------------------|--|--------|
| | Semilla sexual | Estaca |
| 0.5 X 0.5 | 96 | 54 |
| 0.8 X 0.8 | 93 | 69 |
| 1.0 X 1.0 | 97 | 75 |

FUENTE: Adaptado de Molina, et al., 1993.

Cuadro 13. Productividad de forraje verde (F.V) cosechado en bancos de *Gliricidia sepium* plantado por semilla sexual o por estaca a tres diferentes espaciamientos (promedio de 10 cortes durante 30 meses, sin fertilización).

| Espaciamiento (m) | Productividad según material usado para la siembra (kg de F.V/ha/corte) | |
|-------------------|---|--------|
| | Semilla sexual | Estaca |
| 0.5 X 0.5 | 18864 | 13465 |
| 0.8 X 0.8 | 15818 | 13947 |
| 1.0 X 1.0 | 13611 | 12718 |

FUENTE: Adaptado de Molina, et al., 1993.

Las principales conclusiones obtenidas con bancos forrajeros de *Gliricidia sepium* manejados bajo corte desde 1986 (Molina, et al., 1993, 1996) son:

- Su propagación debe hacerse por semilla sexual.
- Aunque inicialmente se obtienen mayores producciones en la densidad de siembra de 0,5 X 0,5 m, no se recomienda tal densidad debido a la dificultad que se presenta para implementar las labores de manejo (cosecha, riego, fertilización, liberación de controles biológicos, etc.) Además se ha detectado que, con el tiempo, esta densidad genera una mayor competencia de área de suelo explorado por las raíces, dando como resultado una reducción en la producción.
- La densidad recomendada para la siembra de *Gliricidia sepium* es de 1 m entre surcos y 0,5 m entre plantas dentro de cada surco, que no dificulta las labores de manejo y mantiene una densidad de 20.000 plantas/ha.

Sin embargo, con densidades de 1 X 1 m (10.000 plantas/ha) se han seguido obteniendo producciones similares y estables a través del tiempo.

- d- El sistema de cosecha de corte total (tallos tiernos, pecíolos y hojas) cada tres meses, ha sido el más eficiente en producción de forraje comestible (40% más forraje comestible que con la cosecha u ordeño único de hojas y pecíolos).
- e- El corte debe realizarse entre 1 a 1,2 m de altura, buscando que a esa altura los rebrotes no sean sombreados por las plantas de cobertura del banco. Es importante tener en cuenta que esta especie es severamente afectada por la sombra. El corte debe realizarse a bisel y con herramientas bien afiladas, que además deben ser desinfectadas periódicamente.
- f- Los estudios de fertilización orgánica realizados, en niveles equivalentes a 12; 24 y 36 ton/ha de bovinaza seca y a 7; 14 y 22 ton/ha de humus de lombriz, sobre bancos forrajeros de *G. sepium* después de 20 cortes (70 meses después de la siembra) y comparados con un testigo sin fertilización (16,6 ton/FV/corte), no mostraron incremento en la producción de forraje comestible cosechado (15,5 vs. 16 ton/FV/ha/corte, respectivamente), ni en su valor nutritivo. Al medir los minerales reciclados en 855 kg de M.S/ha/año de forraje que cayó al suelo en forma natural o por que no era comestible, se encontró que contenía 76 kg de N, 2,5 kg de P, 25 kg de K, 90 kg de Ca y 24 kg de Mg.
- g- Los estudios de costos del cultivo han mostrado que el control de la cobertura y de las malezas ocupa el primer lugar. La utilización del ovino de pelo en pastoreo en las áreas recién cosechadas y aisladas con cerca fija o electrificada, ha permitido producir carne y ha reducido a un mínimo los costos de control de malezas y de fertilización en bancos forrajeros de *G. sepium*.
- h- El control de las larvas del lepidóptero *Azeta versicolor*, una de las principales plagas de *Gliricidia*, se realiza con el control biológico *Bacillus thuringiensis*, cuando la población de larvas compromete seriamente la producción de forraje. La bacteria de este control biológico actúa por medio de un cristal tóxico provocando disturbio digestivo a la larva. Se libera también *Trichogramma sp.* Esta avispa parasita las posturas (huevos) del lepidóptero adulto. La no aplicación de agroquímicos ha favorecido las poblaciones de la entomofauna benéfica nativa e introducida.
- i- En la granja El Hatico se han evaluado, desde 1989, seis ecotipos de *Gliricidia sepium*, encontrando diferencias marcadas de productividad entre ellos (11,6 vs 18,8 ton de F.V/ha/corte). Esto demuestra el alto potencial de las especies forrajeras tropicales, aún dentro de la misma especie, y la importancia de fortalecer la investigación de los forrajes locales.

En un estudio realizado en el CIAT. Lascano, et al., (1995), evaluaron la calidad del forraje de varias especies de leguminosas arbustivas plantadas en suelos ácidos (pH 4,0 a 4,5 y saturación de Aluminio > del 85%). El estudio mostró que las especies evaluadas, bajas en taninos, tales como *Cratylia argentea* y *Desmodium velutinum* tuvieron una media a alta Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) y un alto contenido de proteína cruda. El estudio recomienda utilizar el forraje cosechado de hojas maduras y oreadas de *C. argentea* como un suplemento de proteína para rumiantes durante la época seca.

Los arbustos cuyo forraje tenía un alto contenido de taninos, como *Flemingia macrophylla*, *Tadehagi spp*, *Dendrolobium spp* y *Codariocalyx gyroides* mostraron un alto contenido de proteína cruda y una DIVMS por debajo del 40%.

Independiente de la estación climática, el consumo del forraje por parte de bovinos y ovinos fue mayor cuando fue oreado o secado a la sombra de un día para otro (marchito) y ofrecido como suplemento (Argel y Maass, 1995). La DIVMS medida en el forraje de los AFN está entre el 40 al 80%.

El picado del forraje arbóreo reduce el desperdicio al ofrecerlo a los animales en comederos, estimula el consumo y destruye las espinas presentes en las hojas y tallos de algunos árboles como *Erythrina spp* (Botero, 1988). El oreo adicional al picado permite la volatilización de sustancias que reducen su gustocidad (Botero, 1992). Aunque se incrementa sensiblemente el desperdicio del forraje para consumo, pero no para el reciclaje de nutrientes al suelo, una forma práctica del oreo consiste en podar los AFN y dejar su follaje sobre el suelo, para que sea consumido directamente por los animales en pastoreo. El deshoje u ordeño manual de las ramas, directamente en los árboles, demanda mayor cantidad de mano de obra y se dejan de utilizar los tallos verdes como forraje. La corteza de las ramas verdes tiene mayor calidad nutritiva comparada con las hojas, y a ello se debe que los animales descortecen algunos árboles durante el pastoreo (Botero, 1988).

En el engorde de ganado bovino en confinamiento, realizado en fincas privadas en el Valle del Cauca-Colombia, se han logrado promedios de ganancia de peso de 850 g/animal/día, utilizando forrajes arbóreos para complementar la alimentación de machos enteros (200 a 450 kg de peso vivo y con un máximo de 24 meses de edad al sacrificio), con la siguiente dieta flexible.

| DIETA FLEXIBLE | CONSUMO kg/animal/día |
|--|--------------------------|
| Gramínea picada (caña de azúcar y/o pastos de corte) | 26 |
| Forraje arbustivo o arbóreo picado y oreado | 9 |
| Melaza o vinaza líquidas + urea al 10% ó BMN* | 1 |
| Cama de aves (pollinaza o gallinaza) | 0,5 |
| Semilla, harina o torta de oleaginosas | 0,5 |
| Sal mineralizada y agua de bebida | a voluntad |

* Bloques Multinutricionales

FUENTE: Adaptado de Botero y Preston, 1989.

En el sistema de doble propósito, se utilizó el forraje arbóreo de poró blanco, pízamo o bucare (*E. fusca*) como suplemento artesanal en mezcla para vacas F1 (Holstein x Cebú) en pastoreo intensivo en silvopasturas con *C. nlemfuensis* (Hda Arizona-Valle del Cauca-Colombia) así:

| SUPLEMENTO ARTESANAL | % |
|---|------|
| Forraje arbustivo o arbóreo picado y oreado | 83,5 |
| Aceite crudo de palma africana | 6,3 |
| Cal (CaCO ₃) | 1,0 |
| Melaza de caña | 9,2 |

FUENTE: Adaptado de Rodríguez y Cuellar, 1993.

El aceite crudo de palma africana, con alto contenido de ácidos grasos esenciales de cadena larga, es convertido por la cal en un jabón cálcico y con ello se logra que su grasa saponificada no pueda ser fermentada por la flora ruminal y sea entonces utilizada como fuente de energía sobrepasante.

El jugo de caña, el azúcar, la melaza, el melote o la vinaza, no solo mejoran la gustocidad del suplemento, sino que, adicionalmente al oreo del forraje picado, es posible que propicien la desnaturalización de los compuestos antinutricionales, incrementando así la disponibilidad, a nivel intestinal, de la proteína sobrepasante del forraje arbóreo (Cuellar, Rodríguez y Preston, 1992).

Tres grupos de 9 vacas lactantes, que poseían cada uno 3 vacas con menos de 100 días, 3 vacas con 100 a 200 días y 3 vacas con más de 200 días de lactancia, se utilizaron para comparar dos niveles de consumo del suplemento artesanal citado atrás, contra un concentrado convencional a base de granos, con 16% de proteína cruda. Las cantidades de concentrado convencional y de suplemento artesanal consumidos durante los dos ordeños diarios y los resultados obtenidos en producción de leche se consignan en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Consumos diarios de concentrado convencional y de suplemento artesanal y sus resultados en producción de leche en vacas F1 (Holstein x Cebú) en un sistema de doble propósito bajo pastoreo intensivo en pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Hda Arizona, Valle del Cauca-Colombia

| TRATAMIENTO | Concentrado convencional | Suplemento artesanal kg/vaca/día | Producción de leche |
|-------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| I | 4 | 0 | 9,72 a |
| II | 0 | 4 | 9,66 a |
| III | 0 | 8 | 10,30 b |

Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias altamente significativas (P<0.01).

FUENTE: Adaptado de Rodríguez y Cuellar, 1993.

El análisis estadístico se realizó por covarianza, tomando en cuenta la producción inicial de cada vaca. La producción de leche lograda por el grupo de vacas que consumió 4 kg/vaca/día del concentrado convencional (tratamiento I) fue similar a la del grupo de vacas que consumió 4 kg del suplemento artesanal (tratamiento II).

Sin embargo el costo del suplemento artesanal fue la mitad con respecto al concentrado convencional (0,43 vs 0,86 US\$/kg).

Entre los tratamientos I y III, aunque los costos de la suplementación con 4 kg de concentrado convencional o con 8 kg del suplemento artesanal fueron iguales, las vacas del grupo III produjeron 0,6 kg adicionales de leche/día cuyo precio de venta en finca fue de US\$ 0,14.

En el CATIE, Costa Rica. Camero (1994), utilizó 12 vacas Jersey puras y mestizas con Criollo Lechero Centroamericano, bajo lechería intensiva, en una dieta básica de heno de pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*), pulidura de arroz y melaza, para evaluar el efecto biológico y económico de dos suplementos forrajeros proteicos: poró gigante (*Erythrina poeppigiana*) y madero negro (*Gliricidia sepium*). Ambos forrajes fueron ofrecidos picados y frescos, al 3% del peso vivo de las vacas, y comparados con el suministro de 120 gramos de urea/vaca/día. Al suplementar las vacas con forraje de poró o de madero negro, se obtuvieron producciones similares ($7,3 \pm 0,1$ vs $7,4 \pm 0,1$ kg de leche/vaca/día) y superiores ($P < 0,05$) en un 10% al tratamiento con urea ($6,7 \pm 0,1$ kg de leche/vaca/día). En cuanto a los constituyentes de calidad de la leche (grasa, proteína y sólidos totales) no se encontró diferencia significativa entre los tres tratamientos. Como resultado del análisis económico de presupuestos parciales, la rentabilidad de la suplementación proteica con el forraje de ambas leguminosas arbóreas fue superior en un 20% a la suplementación con urea.

Los resultados de producción, obtenidos mediante la suplementación con forrajes arbóreos, permiten confirmar lo publicado por Leng (1988), respecto a que:

Para lograr altas tasas de ganancia de peso y niveles de producción de leche de moderados a altos, la demanda por aminoácidos esenciales es mayor a la que pueden suministrar los microorganismos muertos, que se reemplazan y salen continuamente del rumen hacia el abomaso, aun cuando la fermentación ruminal sea optimizada. Esto quiere decir que se necesitan suplementos con proteína sobrepasante para lograr maximizar el consumo voluntario y obtener así el potencial real de producción con rumiantes. Además, permiten visualizar que las pruebas convencionales como son la digestibilidad *in vitro* (en el laboratorio) e *in situ* (dentro del rumen de animales fistulados), utilizadas para determinar la calidad nutritiva de forrajes, cereales, oleaginosas y subproductos agroindustriales, permiten medir los nutrientes fermentables por la flora ruminal, pero no su contenido de nutrientes sobrepasantes (almidón, grasa, proteína y minerales).

Para ello se recurre actualmente a la fistulación de rumiantes en el duodeno. En esta prueba (CIAT, 1995), las cantidades de N en el bolo alimenticio a su salida del abomaso y el N eliminado en las heces (indigerible), permiten medir, por diferencia, el nitrógeno (sobrepasante) absorbido en el intestino.

CERCAS VIVAS

a- Definición

Son siembras lineales de arbustos o de árboles que se utilizan como setos, barreras rompeviento, producción de leña, carbón, madera, frutos o forraje, división de lotes o alindramiento de propiedades.

b- Opciones para el establecimiento de cercas vivas

Tradicionalmente en América Tropical las cercas son construidas con 3 a 5 hilos de alambre de púas, sostenidos por estacas verdes de algunas especies que rebrotan, se convierten luego en árboles y sirven de poste permanente. Estos árboles son usualmente propagados por estacas de 2 a 2,5 m de longitud y 5 a 10 cm de diámetro, enterradas a una profundidad de 30 cm y a distancias entre 0,5 a 5 m.

Sin embargo, se debe preferir su siembra a partir de semilla sexual, cuya planta produce una raíz pivotante o de anclaje que le permite ser más firme y vigorosa.

La siembra en vivero se debe hacer en bolsas plásticas con una capacidad mínima de 5 kg de suelo, para evitar el daño de las raíces y permitirle a la planta, al menos, 4 a 6 meses de crecimiento en el vivero, antes de su trasplante definitivo a la cerca.

Mientras se establecen las cercas vivas de AFN, recién trasplantados, se pueden proteger del consumo por parte de los animales en pastoreo con una cerca temporal de alambre de púas o con uno a dos hilos de alambre liso electrificado, paralelas o alrededor de la cerca fija (callejón o encierro).

Otra opción consiste en sembrar a su alrededor plantas espinosas como piñuela, pitaya, nopal, cactus, pringamosa u ortiga, etc. o untarles a los arbustos grasa vegetal o animal de desecho (manteca, cebo) mezclada con estiércol bovino, a lo largo de los tallos (Botero, 1992).

c- Resultados obtenidos con Cercas Vivas

Las especies de AFN más utilizadas como cercas vivas en clima cálido son *Gliricidia sepium* y *Erythrina spp.* La *Gliricidia* no tolera suelos mal drenados, lámina de agua o alto nivel freático, como si lo hacen bien especies de AFN como *Erythrina fusca*, *Aeschynomene spp* y *Sesbania spp.*

En un experimento llevado a cabo por el Proyecto Erythrina (CATIE, 1986) durante tres años sobre tres cercas vivas de *E. berteriana* (poró común), que habían sido establecidas en 1976, 1979 y 1983 a distancias de 1,0 m, 0,6 m y 0,8 m respectivamente y que fueron cosechadas mediante poda total cada 3, 6, 9 y 12 meses, mostraron que la producción de biomasa de 1 km de cerca viva de *E. berteriana* varía de acuerdo con la frecuencia de poda (Cuadro 15).

La mayor producción de biomasa leñosa y total se obtuvo cuando la cerca viva fue cosechada cada 12 meses y la menor cuando fue cosechada cada 3 meses. En contraste la mayor producción de forraje comestible se obtuvo en las podas realizadas cada 6 y 3 meses respectivamente.

Cuadro 15. Producción anual de biomasa fresca (leñosa y comestible) en 1 km de cerca viva de *Erythrina berteroana* sometida a cuatro frecuencias de corte durante tres años en Turrialba, Costa Rica.

| TIPO DE BIOMASA FRESCA | Kg/km/año según frecuencia de poda (meses) | | | |
|---------------------------|---|-------------|-------------|-------------|
| | 3 | 6 | 9 | 12 |
| Leña | 513 | 2065 | 2554 | 3374 |
| Forraje comestible | 1441 | 1798 | 1352 | 872 |
| TOTAL | 1954 | 3863 | 3906 | 4246 |

FUENTE: Adaptado del CATIE, 1986.

Gliricidia sepium es probablemente la especie más utilizada como cerca viva en América Tropical (Budowski y Russo, 1993), produce una madera densa y resistente que tiene uso como leña, carbón y como poste vivo o muerto para cercas. Su forraje picado (fresco, oreado o seco), compuesto por hojas, pecíolos y tallos tiernos, es bien consumido por los rumiantes, contiene 20 a 30% de proteína cruda, 53% de FDN, 33% de FDA y la DIVMS ha sido reportada entre 54 a 70% (Camero, 1994; Galindo, et al., 1989; Gómez, et al., 1995; Simmons y Stewards, 1994).

Volver a: [Manejo silvopastoril](#)