

Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE

Muhammad Ibrahim¹, Alberto Camero², Juan Carlos Camargo³ y Hernan Jair Andrade⁴

¹*Profesor Investigador. Area de Manejo de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. mibrahim@catie.ac.cr*

²*Investigador Científico. Area de Manejo de Cuencas y Sistemas Agroforestales. CATIE, Turrialba, Costa Rica. acamero@catie.ac.cr*

³*Estudiante Maestría Agroforestería. CATIE, Turrialba, Costa Rica. jcamar@catie.ac.cr*

⁴*Estudiante Maestría Agroforestería. CATIE, Turrialba, Costa Rica. handra@catie.ac.cr*

Resumen

A través de investigaciones realizadas por CATIE y otras instituciones de la región centroamericana, se han identificado gran cantidad de especies forrajeras para su uso en alimentación animal. Entre las especies cabe mencionar *Morus alba*, *Cratylia argenta*, *Brosimum alicastrum*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina* spp, *Guazuma ulmifolia*.

La siembra de leñosas perennes como postes para la delimitación de potreros o propiedades (cercas vivas) es una práctica tradicional en América Central, con frecuencia en ellas se utilizan leguminosas arbóreas tales como *Gliricidia sepium*, *Erythrina* sp. *Leucaena leucocephala* y especies no leguminosas como *Bursera simaruba* y *Spondias purpurea*. En los últimos años se ha investigado sobre el cultivo de especies leñosas en bloques compactos y a alta densidad (bancos de proteína), con el fin de maximizar la producción de fitomasa para suplementación animal en diferentes sistemas de producción. Otra modalidad de sistemas agroforestales que se ha estudiado son las pasturas en callejones, que involucran la siembra de forrajeras herbácea entre las hileras de árboles o arbustos. En la región, la mayor parte de las fincas ganaderas se caracteriza por la presencia de árboles dispersos en potreros para proveer sombra y alimentos para los animales y generar ingresos a través de la venta de madera y frutales.

El manejo de pastoreo dentro de plantaciones forestales en fincas ganaderas, ha recibido mucha atención debido a la necesidad de generar ingresos en el corto plazo y por su importancia en la reducción del riesgo de incendios. Las cortinas rompevientos son otros sistemas silvopastoriles muy frecuentes en fincas con producción intensiva de leche.

A pesar del gran esfuerzo que se ha venido haciendo en el campo de sistemas silvopastoriles, se encuentran algunas lagunas de conocimiento para la investigación futura. Entre ellas se pueden mencionar: cuantificación de la emisión de gas de invernadero por rumiantes, recuperación de conocimientos tradicionales e integración con conocimientos nuevos, selección de especies eficientes para restaurar suelos degradados, metodologías para la cuantificación de carbono y otros gases invernaderos en el ámbito de sistema y paisaje, impactos de sistemas silvopastoriles en el recurso agua y reducción de la sedimentación de los ríos, sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en el corredor biológico Mesoamericano e incentivos para los productores y modelaje de uso de la tierra.

Palabras claves: árboles y arbustos forrajeros, cercas vivas, bancos proteicos, pastoreo en plantaciones, cortinas rompevientos.

Introducción

Durante los últimos 25 años, América Central ha mostrado incrementos en la producción de carne y leche, no obstante el aumento en la producción de carne bovina se relaciona más con el crecimiento de la población animal y de la superficie en pastos (Riesco, 1992). La productividad de los sistemas de producción bovina para carne ha tenido una tendencia a declinar, como consecuencia de la implementación de sistemas más extensivos y de la incorporación de suelos de menor fertilidad, en los que se plantaron especies no adaptadas, generando mayor proporción de pasturas degradadas y poco productivas (Pezo *et al.*, 1992).

Por las razones anteriormente expuestas, el desarrollo pecuario en América Tropical debe estar orientado a incrementar la producción animal a una tasa que le permita cubrir la demanda de alimentos para una población que crece aceleradamente, rehabilitar las pasturas degradadas, prevenir el deterioro de los recursos naturales y asegurar que los productores locales puedan competir con ventaja ante la apertura de mercados. En este sentido, conceptualizar la producción animal en el contexto de los sistemas silvopastoriles constituye un enfoque válido y necesario para el mejoramiento de la actividad pecuaria. Las combinaciones de leñosas perennes con pasturas y animales son muchas y muy diversas. Muchas de ellas forman parte de la "cultura productiva" de los países tropicales (pe. cercas vivas, árboles en potrero).

En este documento se hace un resumen de los trabajos realizados en América Central, sobre agroforestería para producción ganadera sostenible, además se identifican vacíos en la investigación para el manejo de la ganadería en armonía con el medio ambiente.

Domesticación de Especies Leñosas para la Alimentación Animal

El uso de follaje de árboles y arbustos para alimentar rumiantes es una práctica conocida por los productores en América Central desde hace siglos, de tal manera que el conocimiento local de los productores es de mucha importancia para la sistematización de investigación en leñosas forrajeras (Arias, 1987, Ibrahim 1998). Especies como ramón (*Brosimum alicastrum*), madero negro (*Gliricidia sepium*), poro (*Erythrina* spp) y guácimo (*Guazuma ulmifolia*), son generalmente utilizadas durante la época seca como suplemento para los animales en los sistemas de producción extensivos y semi-intensivos (doble propósito) (Flores, 1994; Ibrahim 1998). A través de investigaciones realizadas por CATIE y otras instituciones de la región, se han identificado gran cantidad de especies forrajeras para su uso en alimentación animal. Entre las especies cabe mencionar la morera (*Morus alba*), especie novedosa, de alto valor nutritivo (digestibilidad de materia seca *in vitro* (DIVMS) entre 80 y 86%, proteína cruda (PC) entre 14 y 17%) (Xochilt *et al.*, 1997) y la *Cratylia argenta* que tiene una buena adaptación en zonas secas (Ibrahim *et al.* 1999).

En el CATIE se han realizado numerosos estudios para diseñar estrategias de alimentación utilizando leñosas forrajeras. Análisis detallados de la fracción nitrogenada en poró y madero negro han mostrado que el 75% de ésta se encuentra constituida por compuestos de nitrógeno no-proteico (Kass *et al.*, 1993), lo que puede ser una limitante para su uso en monogástricos, pero no en rumiantes. Así mismo, una buena proporción de su nitrógeno insoluble está ligado a la fibra detergente ácido, por tanto es de baja disponibilidad para los animales que los consumen. La disponibilidad energética del follaje en muchas especies arbóreas y arbustivas es similar o superior a la observada en gramíneas tropicales (Escobar *et al.*, 1996; Benavides, 1994): sin embargo algunas de ellas muestran una degradabilidad ruminal baja, por poseer altos contenidos de taninos (6-10% en base seca) (Valerio, 1990; Lascano y Pezo, 1994).

No se pretende hacer aquí una revisión exhaustiva de las experiencias desarrolladas para uso del follaje de especies arbóreas y arbustivas en la suplementación de rumiantes, ya que la información generada a

partir de la década de los ochenta es amplia y ya ha sido recopilada y publicada por Pezo *et al* (1990), Benavides *et al* (1992), Kass *et al* (1992), Benavides (1993), Camero *et al* (1993), Kass *et al* (1993) Romero *et al* (1993) y Ibrahim (1998).

Sin embargo, un aspecto que conviene rescatar del uso de forraje de leñosas perennes, es que la incorporación restringida de ellos promueve el consumo de raciones basadas en gramíneas de madure avanzada o en residuos fibrosos. El uso de *Cratylia argenta* como suplemento para ganado bovino en sistemas doble propósito, tuvo como resultado un incremento significativo (> 30%) en el consumo del pasto *Hyparrhenia rufa* (jaragua), que fue caracterizado con una baja DIVMS (33%) y PC (3.5%).

La proteína cruda del follaje de las leñosas perennes es de menor calidad que la de los suplemento proteicos tradicionales (pe. harina de soya, harina de pescado), pero superior a las fuentes de nitrógeno no proteico como la urea. Por ello, en los estudios con bovinos se ha detectado mayor producción de leche y ganancia de peso con las fuentes proteicas tradicionales, pero el beneficio económico siempre ha sido mayor con el uso del follaje de leñosas perennes.

Sistemas Silvopastoriles Dominantes en América Central

Cercas Vivas

La siembra de leñosas perennes como postes para la delimitación de potreros o propiedades (cercas vivas) es una práctica tradicional en América Central (Budowski, 1987; Ivory, 1990), con frecuencia e ellas se utilizan leguminosas arbóreas tales como: madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina berteroana*, *E. fusca* y *E. costarricensis*) en las zonas húmedas, mientras que en las zonas seca *Leucaena leucocephala* y especies no leguminosas como *Bursera simaruba* y *Spondias purpurea* son frecuentes (Budowski, 1987).

En los últimos años el sistema cercas vivas ha tomado mayor relevancia económica y ecológica, no sólo por que su establecimiento significa un ahorro del 54% con respecto al costo de las cercas convencionales (Holmann *et al*, 1992), sino, por que constituye una forma de reducir la presión sobre e bosque para la obtención de postes y leña, además de que representa una forma de introducir árboles en los potreros.

En el trópico húmedo de Costa Rica, se realizaron estudios agronómicos en el manejo de podas de cercas vivas de poro y madero negro, con el fin de incrementar la producción de forraje. Con podas tres veces por año produjeron 3500 a 6000 kg MS km⁻¹ cerca⁻¹ año⁻¹, con un nivel de DIVMS de 56 a 65% y PC de 20 a 26% (Romero *et al*. 1993). No obstante, a pesar de la buena información generada sobre producción de forraje en cercas vivas, en pocas fincas se hace uso de este recurso para alimentación animal.

En algunos países (pe. Costa Rica y Panamá) el costo de mano de obra para el corte y acarreo probablemente representa una limitante en su uso. Sin embargo, se espera que estas tecnologías tengan mas importancia en la alimentación animal con el incremento en precios de insumos como el concentrado, las exigencias para la producción de leche, carne orgánica y beneficios que se tienen por servicios ambientales.

La integración de árboles maderables en cercas vivas o en linderos, es uno de los escenarios que má está evolucionando en América Central, debido a la demanda de madera y las necesidades para diversificar la producción ganadera. Sin embargo, hay que investigar el comportamiento y el manejo

'silvicultural de especies maderables plantadas en cercas vivas o en linderos de potreros.

Bancos de Proteína y/o Energía

En los últimos años se ha investigado sobre el cultivo de especies leñosas (leguminosas y no leguminosas) en bloques compactos y a alta densidad, con el fin de maximizar la producción de fitomasa para suplementación animal en diferentes sistemas de producción. En condiciones de trópico húmedo bajo, el CATIE (1991), demostró que varias especies de *Erythrina* (*E. berteroana*, *E. poeppigiana*, *E. cocleata*) y *G. sepium* son mejores opciones para su manejo en bancos de proteína que especies tales como *Acacia angustissima*, *Albizia sp.* y *Calliandra calothyrsus*. Estudios realizados durante cuatro años en el trópico húmedo muestran que un banco de *Erythrina berteroana* se producen cerca 6.0 ton ha⁻¹ año⁻¹ de proteína cruda, lo cual alcanzaría para aportar durante un año el 30% de los requerimientos de proteína de 46 vacas de 400 kg de peso y con una producción de 8.0 kg leche vaca⁻¹ día⁻¹.

El establecimiento de bancos de morera en zonas altas como suplemento alimenticio para vacas en sistemas intensivos de producción de leche, ha dado como resultado niveles de producción de leche ligeramente inferiores o similares a los que se han observado con el uso de concentrado, no obstante los análisis económicos muestran una ventaja a favor del uso de morera (Benavides, 1995). Cabe mencionar el proyecto Plama Virilla, ejecutado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, en Costa Rica, donde se promueve el establecimiento de bancos forrajeros en laderas de zonas altas, con manejo bajo un sistema de corte y acarreo para suplementación en rumiantes. De la misma manera en El Salvador CENTA ha tomado esta iniciativa.

En zonas con un período seco bien definido, los resultados del uso de leñosas en bancos forrajeros para suplementación animal han sido significativamente mejores en productividad. El proyecto "TROPILECHE" está trabajando junto con instituciones nacionales en América Central para promover el uso de *Cratylia argentea* en zonas secas. Se espera que los bancos forrajeros sean más atractivos para los ganaderos de países como Nicaragua, Honduras y El Salvador, donde el costo de mano de obra es bajo. Los resultados muestran que el uso de *Cratylia argentea* como un suplemento para vacas de doble propósito, puede suplir un 80% de los requerimientos de proteína del animal que normalmente es suplido con gallinaza y tiene un potencial para producir entre 7 y 9 litros/vaca/día (Ibrahim, 1999). Además, la siembra de *Cratylia* en zonas frágiles puede tener beneficios indirectos como el mejoramiento de suelo y control de erosión.

Modelos económicos desarrollados por Holman y Estrada (1997), muestran que la rentabilidad marginal de las gramíneas y leguminosas es una función del costo de mano de obra, del precio del producto y la productividad del sistema. Estos autores encontraron que el uso de *Cratylia argentea* es 47% más rentable que el uso de jaragua, cuando el precio de la leche fue de US\$ 0.30 kg, sin embargo cuando este precio es US\$ 0.20 kg, la rentabilidad de *C. argentea* es prácticamente cero, debido a que se utiliza más mano de obra (233%) que con jaragua. El uso de *Cratylia* como alimento en sistemas de doble propósito fue más atractivo con vacas con mayor potencial genético (pe. 1000 – 1500 kg lactancia⁻¹) (Holman y Estrada, 1997).

Pasturas en Callejones

Otra modalidad de sistemas agroforestales que se ha estudiado son las pasturas en callejones, que involucran la siembra de forrajeras herbácea entre las hileras de árboles o arbustos. Su objetivo es proveer a los animales mayor producción de forraje durante todo año, mejorar la calidad de suelo y

reducir los procesos de erosión.

En el trópico húmedo de Costa Rica se investigó sobre la siembra de *Gliricidia sepium* y *Erythrina berteroana* en hileras cada cinco metros, dentro de pasturas de *Brachiaria brizantha* bajo pastoreo. Durante los cinco años de evaluación la *Erythrina berteroana*, tuvo mayor sobrevivencia (90%), comparada con *G. sepium* (3%), que prácticamente desapareció en la pastura (Abarca 1998). En muchos de estos sistemas de "cultivo en callejones" faltan evaluaciones económicas para determinar su rentabilidad económica. En el estudio de Janzen *et al* (1996) se evidenció que debido a los altos costos de establecimiento de la *E. berteroana*, la tasa interna de retorno (TIR) para un sistema *B. brizantha/A. Pintoi/E. berteroana* era menor (TIR=35%), que el obtenido para el asocio *B. brizantha/A. pintoi* (TIR=135%), pero no se evaluaron los posibles beneficios ecológicos por la introducción de la leguminosa arbórea. En este sistema la integración de árboles maderables en bajas densidades dentro de las hileras de los forrajeros, puede contribuir en mayores beneficios económicos para los productores, sin embargo hay que estudiar métodos de siembra, arreglos espaciales, competencia entre las especies y beneficios económicas para hacer recomendaciones a los productores.

Arboles Maderables o Frutales Dispersos en Potreros

En América Central la mayor parte de las fincas ganaderas se caracteriza por la presencia de árboles dispersos en potreros para proveer sombra y alimentos para los animales y generar ingresos a través de la venta de madera y frutales. En la zona del Pacífico las especies genízaro (*Pitcellobium saman*) guanacaste (*Enterlobium cyclocarpum*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y roble de sabana (*Tabebuia rosea*), son las más frecuentes en los potreros, mientras que en el trópico húmedo bajo, son comunes laurel (*Cordia alliodora*), pilón (*Hyeronima alchornoides*), caobilla (*Carapa guianensis*) y varia especies del género citrus. En las zonas altas es común el jaul (*Alnus acuminata*) en las fincas lecheras (Pezo y Ibrahim, 1997).

En los últimos años se ha observado un incremento en la extracción de madera en las fincas ganaderas, esto se relaciona posiblemente con la baja del precio de la carne y el alto precio pagado por la madera fina extraída de los potreros (pe. *P. saman*, *Cordia alliodora*). En la zona de Esparza, Costa Rica, se encontró que la extracción de árboles maderables de fincas pequeñas (< 40 ha), medianas (40 –100 ha) y grandes (> 100 ha), fue de 1.35, 0.55 y 0.13 m⁻³ ha⁻¹ respectivamente (Viera y Barrios 1997).

Debido a la importancia de la actividad forestal en la generación de ingresos adicionales, se ha observado una tendencia de incremento de la densidad de árboles maderables en potreros. Sin embargo, los ganaderos no tienen herramientas prácticas para manejar la regeneración natural de especies valiosas y para establecer y proteger árboles en potreros. Estudios preliminares en Nicaragua muestran que el uso de estiércol de ganado como un substrato para la siembra de semillas de *P. Saman*, resultó ser efectiva en el establecimiento de ésta especie en potreros. Los daños por insectos y pisoteo del ganado en la siembra en estiércol, fueron menor comparados con la siembra directa en suelo (12.2 vs 34.4% y 17.6 vs 56.3%, respectivamente). La sobrevivencia y crecimiento de *P. saman* 60 días después del pastoreo y luego de cuatro ciclos, fue mayor con carga animal moderada que con carga alta (73 vs 92% y 17.2 vs 8.5 cm, respectivamente). (Barrios, et al 1999)

Plantaciones Forestales

El manejo de pastoreo dentro de plantaciones forestales en fincas ganaderas, ha recibido mucha atención debido a la necesidad de generar ingresos en el corto plazo y por su importancia en la reducción del

riesgo de incendios. CATIE ha hecho varios estudios sobre especies herbáceas que puedan tolerar sombra y mantener un alto nivel de producción en sistemas silvopastoriles. El comportamiento agronómico de ocho especies de gramíneas mejoradas fue evaluado bajo pleno sol y en asocio con *E. Poeppigiana*, manejada con podas cada seis meses. Seis de las ocho gramíneas evaluadas tuvieron mayor producción (10 a 53%) en el sistema silvopastoril con poró (Bustamante *et al*, 1998). Las especies más productivas fueron *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 y *Panicum maximum* CIAT 16061.

Otro estudio realizado en Turrialba buscó las relaciones entre la producción del pasto *Panicum maximum* y densidades de *Pinus caribaea*, utilizando modelos lineales y no-lineales. Los resultados muestran que la relación de área basal del árbol (x) y *P. maximum* (y) genera un mejor rendimiento en e pasto cuando $y = 28.76 - 1.08x$. Se recomienda hacer estudios similares utilizando especies maderables que tengan estructura diferente a *Pinus caribaea*.

Cortinas Rompevientos

Las cortinas rompevientos son sistemas silvopastoriles muy frecuentes en fincas con producción intensiva de leche. En algunas zonas como Monteverde y Arenal, Costa Rica, el viento esta asociado con baja producción de leche y alta tasas de degradación de tierras; además hay reducción en la producción de pasto. Los resultados muestran que la siembra de cortinas rompevientos (pe. *Cupressus lusitancia*) se asocia con un aumento en la producción de leche y una reducción de la mortalidad de terneras (Harvey, 1998).

Servicios Ambientales de los Sistemas Silvopastoriles

La elevada tasa de deforestación en los países tropicales (17 millones de ha año⁻¹, FAO 1993) no solamente tiene efectos locales como la degradación de los suelos y la pérdida de su productividad, sino que también contribuye con una cuarta parte en las emisiones de CO₂ y otros gases hacia la atmósfera, proceso que causa cambios climáticos globales contribuyendo a la pérdida de la biodiversidad en los bosques naturales y al desequilibrio de otros ecosistemas terrestres. En América Latina, el incremento de las áreas bajo pasto, muchas veces seguida por su pronta degradación, se manifiesta en deterioro ambiental y su impacto es muy fuerte debido a su gran extensión en toda la región.

Por esta razón centros de investigación nacional e internacional, gobiernos y donantes tienen como prioridad en sus agendas la evaluación y valorización de alternativas silvopastoriles en el trópico, que enfocan tres campos principales de servicios ambientales generados por sistemas silvopastoriles:

- Restauración de suelos degradados y conservación del agua
- Secuestro de carbono
- Conservación de la biodiversidad

A continuación se presentan resultados de la investigación más reciente y se identifican vacíos en el conocimiento ("knowledge-gaps"), hacia donde la investigación en el futuro se debería dirigir.

Restauración de Suelos Degradados y Conservación de Agua

En América Central un alto porcentaje de las tierras en pasturas (> 35%) se encuentra en estados avanzados de degradación, debido a ello los árboles de uso múltiple pueden jugar un rol importante en la restauración ecológica de estas, mientras contribuyen con la sostenibilidad económica de los sistemas de producción ganadera (Szott et al., 1999). Tratando de buscar eficiencia en la absorción de fósforo (SSP-FAO-1999.doc) dentro de suelos ácidos, compactados y lixiviados, la restauración de su fertilidad y de sus propiedades físicas, la investigación actual hace énfasis en el estudio de procesos simbióticos entre bacterias u hongos fijadores de nitrógeno, hongos micorrízicos y las especies leñosas y no leñosas presentes en sistemas silvopastoriles.

Estudios realizados en Panamá, bajo suelos ácidos (pH = 4.6), muestran que la integración de *Acacia mangium* en pasturas con *Brachiaria humidicola*, contribuye al mejoramiento de la calidad del forraje de *Brachiaria humidicola* y en el aumento del contenido de fósforo y nitrógeno del suelo, cuando se compara con el monocultivo de *B. humidicola*. (Bolívar 1998, Velasco 1998). Durante la época lluviosa, la presencia de la fauna del suelo, en especial de las lombrices, es mas alta en suelos con 240 árboles ha⁻¹ de *Acacia mangium*. En suelos fértiles, árboles leguminosos como *Erythrina berteroana* y *Gliricidia sepium* sembrados en hileras dentro de pasto *Brachiaria brizantha* alcanzaron niveles similares de densidad de lombrices y de contenido de nutrientes principales como el pasto mixto con la leguminosa herbácea *Arachis pintoi* (Esquivel 1997), es decir, bajo condiciones favorables los sistemas silvopastoriles no son necesariamente superiores a pastos mejorados.

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

Sistemas con pastoreo en callejones y cercas vivas incluyen frecuentemente especies leguminosas que son manejadas con podas dos a tres veces al año, con el objetivo de reducir la competencia entre árboles y pasto y recuperar los nutrientes acumulados en la hojarasca para el alcance del pasto. En un sistema de callejones con *E. poeppigiana* y *Pennisetum purpureum* manejada bajo corte y acarreo, el pasto produjo mas biomasa en comparación con pasto puro, sin embargo, la extracción de nutrientes con el pasto, sobre todo de fósforo, magnesio y potasio, no se podía recuperar con las podas de los árboles (83% Ca, 71% N, 41% P, 29% Mg, 19% K; Libreros 1990). Los sistemas de corte y acarreo son muy exigentes en nutrientes y para mantener la sostenibilidad del sistema se requiere fertilizaciones adicionales con productos químicos u orgánicos.

Secuestro de Carbono

En América Latina, entre los años 1850 y 1985 el cambio en el uso de la tierra generó una liberación neta de carbono (C) alrededor de 30 Pg C (Houghton et al. 1991). Esta emisión se relacionó sobre todo con el incremento del área de pastos. Según Veldkamp (1993), las pasturas de baja producción en la zona Atlántica de Costa Rica causaron una pérdida de carbono orgánico del suelo entre 1,5 Mg ha⁻¹ y 21,8 Mg ha⁻¹, dependiendo del tipo de suelo. La selección de la especie de pasto juega un papel importante, como lo mostró Veldkamp (1993); comparando una pastura de baja producción (*Axonopus compressus*) con otra de alta producción (*Brachiaria dictyoneura*) se determinó que la *Brachiaria* (12 Mg ha⁻¹ yr⁻¹) produjo el doble de la materia seca subterránea en comparación con el *Axonopus* (6 Mg ha⁻¹ yr⁻¹). La introducción de pastos mejorados puede reducir las emisiones netas de CO₂ en un 60 %

después de cambiar un bosque por una pastura (Veldkamp 1993).

Sistemas agroforestales tienen dos beneficios principales para conservar C 1) almacenaje directo de C a corto y mediano plazo (décadas hasta siglos) en los árboles y el suelo y 2) reducción indirecta de la emisión de los gases invernadero causada por la deforestación y la agricultura migratoria (Dixon 1995). Sistemas silvopastoriles en comparación con pastos puros pueden conservar mejor la materia orgánica en los suelos, especialmente en suelos ácidos y pobres en nutrientes. De acuerdo con Ibrahim (sin publicar, citado por Velasco 1998) un sistema silvopastoril con *Acacia mangium* incrementó la materia orgánica significativamente en solo cinco años de pastoreo. Sin embargo, la simbiosis de este árbol con los hongos micorrízicos puede alterar este proceso.

En un suelo de fertilidad media, Typic tropofluent, en la zona norte de Costa Rica se estudió el impacto de la regeneración natural de *Cordia alliodora* en pastos *Panicum maximum*, sobre el carbono orgánico almacenado en el suelo. El sistema se puede denominar como pastoreo bajo árboles dispersos, que en los últimos 15 años se presenta frecuentemente en la zona Atlántica de Costa Rica. Los tres diferentes grupos de regeneración de *C. alliodora* de acuerdo con su establecimiento (< 3, 3-7, > 7 años) mostraron valores parecidos de 180-200 Mg C ha⁻¹ (Lopez *et al.* 1999). Se concluyó que para las condiciones de sitio estudiado, la ganancia neta de carbono de este sistema se encuentra en la madera producida a largo plazo para fines de construcción sin perjudicar al carbono orgánico almacenado en el suelo.

En los diferentes sistemas silvopastoriles la producción y extracción de madera para construcción, leña, carbón, postes etc., puede reducir la presión sobre los recursos naturales de los bosques y los combustibles fósiles, de manera que hay un impacto indirecto positivo sobre la conservación del carbono en otros ecosistemas. Sistemas silvopastoriles con árboles dispersos no permiten la quema de los pastos, otra fuente de emisión de CO₂, que todavía se usa en la regeneración de las pasturas.

Conservación de la Biodiversidad

Actualmente no existe mucha información sobre la importancia de sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad. Sin duda, la conversión de bosques en pasturas amenaza la sobrevivencia de muchas especies. Sin embargo, el impacto sobre la biodiversidad de los bosques podría ser menor, si los productores mantuvieran especies forestales o rodales de árboles en las pasturas porque estos sirven como productores de semillas, fuentes de hábitat y alimentación de animales (Harvey *et al.* 1998). En Monteverde, Costa Rica, a 1200-1350 m snm, se encontraron 190 diferentes especies forestales en 240 ha de pasturas dentro de 24 fincas, que han producido leche durante los últimos 30 años. La densidad de los árboles fue muy variable (5 a 80 árboles ha⁻¹), igual que el número de especies por finca (7 a 90). Las especies forestales encontradas se usan principalmente como sombra para los animales o para madera, postes, leña, rompevientos o alimentos para aves. En los pastos se notó la falta de la regeneración de las especies del bosque primario, debido al pastoreo y pisoteo de las plantas juveniles. Esto llevará necesariamente a la disminución de la diversidad de especies forestales y las especies dependientes de estas en los pastos, cuando los árboles adultos se mueran.

Linderos, cortinas rompevientos, cercas vivas u otras plantaciones forestales en línea a lo largo de las orillas de las pasturas, son sistemas diseñados por el hombre y muchas veces modificados con el tiempo por la naturaleza. La composición de las especies depende de las condiciones ecológicas, las preferencias de los productores y no por ende de la disponibilidad de las semillas forestales. La conexión de diferentes linderos en forma de corredor influye sobre el movimiento de los animales y la dispersión de las plantas (Burel 1996). Se puede de esta forma tener funciones de biocorredores, importantes en paisajes agrícolas caracterizadas por ecosistemas fragmentados.

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

En Monteverde, Costa Rica, un 25 % de todas las 400 especies estimadas de la región encontraron su hábitat adecuado en las cortinas rompevientos ubicadas en pastos *Cynodon nlemfuensis* usados para la producción lechera. Las aves (89 diferentes especies usaron las cortinas como hábitat) fueron los vectores más importantes para la diseminación de las semillas de estas especies especialmente cuando la cortina estaba conectada con el bosque. Es decir, estos sistemas silvopastoriles proveen un apoyo potencial considerable para la conservación de especies forestales dentro de este paisaje agrícola. (Harvey 1999).

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

Modelaje de Sistemas de Uso de la Tierra en Fincas Ganaderas

Los modelos desarrollados por el proyecto REPOSA, fueron utilizados para evaluar las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles en una finca doble propósito en el trópico húmedo. Se usaron la programación lineal y PASTOR un generador de coeficientes como herramientas. El modelo consideró las condiciones biofísicas, socioeconómicas e indicadores de sostenibilidad, como el balance de nutrientes del suelo (Botero *et al.*, 1999). El escenario base muestra que la siembra de árboles maderables (*Tectona grandis*) en linderos de pasturas naturales y la mezcla de *Brachiara brizantha* y *Arachis pintoi* fueron las opciones de uso de la tierra de mayor importancia para maximizar los ingresos de la finca (**Figura 1**), la siembra de plantaciones fue importante solo cuando el precio de madera subió en un 10%. Cuando la cantidad de N y K perdida por el suelo fue restringida, el modelo seleccionó un alto porcentaje de la tierra para la siembra de pastos con árboles de uso múltiple (35%) y asociaciones de *Brachiara brizantha* con *Arachis pintoi* (14.5%), dejando una área significativa (40%) sin uso. El área sin uso puede estar manejada con bosques secundarios pero esto dependerá de los beneficios e incentivos que los productores reciban para la conservación.

Lagunas de Conocimiento para la Investigación Futura

- *Cuantificar la emisión de gas de invernadero por rumiantes.* En América Central se han realizado muchos estudios sobre el efecto de leñosas forrajeras en la producción animal. Sin embargo existen pocos estudios para cuantificar la emisión de gases de invernadero como metano, cuando se utilizan estas especies y la manipulación de árboles forrajeros para suplementar rumiantes se puede contribuir a la reducción de la emisión de metano.
- *Recuperación de conocimientos tradicionales e integración con conocimientos nuevos.* La investigación participativa para lograr la restauración de suelos degradados, estudios sobre sistemas silvopastoriles tradicionales, como por ejemplo la regeneración natural de especies forestales en pastos o la selección de especies promisorias, merecen mayor atención en la investigación. Los conocimientos acumulados durante muchos años de los productores presentan una fuente rica de información y experiencia que hasta ahora se empieza a reconocer. La integración de los conocimientos tradicionales con los conocimientos nuevos generados por la

ciencia, llevarán al diseño de sistemas silvopastoriles sostenibles por ser más atractivos para los productores. Para lograr este objetivo hay que aplicar metodologías de investigación participativa en diferentes niveles conforme al objetivo específico del estudio.

- *La selección de especies eficientes para restaurar suelos de diferente grado de degradación.* Se debe hacer énfasis en el análisis de los mecanismos con los cuales los árboles influyen sobre el suelo, como simbiosis con microorganismos, interacción con fauna y flora del suelo, actividad radicular, interacción raíz-suelo etc., en diferentes ecozonas del trópico. El manejo de los sistemas, su impacto sobre los organismos del suelo (pe. fertilización, inoculación de plántulas con micorrizas o bacterias) y su eficiencia sobre la recuperación de la fertilidad o el mejoramiento de la estructura del suelo requiere mayor información para su amplia y exitosa difusión.
- *Arboles de uso múltiple y pasturas mejoradas.* Se tiene un gran potencial para incrementar el contenido de carbono del suelo, sin embargo hay pocos estudios sobre la dinámica del carbono del suelo y su estabilidad en el sistema durante el tiempo. Se recomienda hacer mas estudios sobre el flujo de carbono en sistemas silvopastoriles.
- *Metodologías para la cuantificación de carbono y otros gases invernaderos en el ámbito de sistema y paisaje.* La cuantificación del carbono en los diferentes ecosistemas se basa principalmente en la acumulación de carbono (producción de biomasa) y la pérdida por respiración de CO₂ en los diferentes compartimentos del sistema. Según la literatura la variabilidad de los datos por unidad es enorme, dependiendo de factores como componentes de sistema, clima, suelo, ecozona, especies, manejo del sistema o factores socioeconómicos. Los sistemas silvopastoriles además son fuentes netas de gases invernaderos, sobre todo de CH₄, que está emitido hacia la atmósfera a cantidades notables cada año (Dixon 1995). Para llegar a una base de datos sólida, que permite negociar incentivos forestales que pagan bonos para el almacenaje de C, se requiere desarrollar metodologías sencillas que permiten estimar la asimilación y emisión de gases invernaderos en el ámbito de sistema y paisaje con un mayor grado de confianza. La alimentación y el mejoramiento de modelos como el LUCS (Land Use Carbon Sequestration) diseñado por el World Resources Institute, podría servir para orientar a las entidades que toman las decisiones (pe. políticos, donantes, productores) sobre la diseminación e implementación de sistemas silvopastoriles bajo diferentes condiciones con el fin de mitigar los efectos del calentamiento global.
- *El impacto de sistemas silvopastoriles en el recurso agua y reducción de la sedimentación de los ríos.* En las cuencas existen muchas áreas con pastos degradados que contribuyen a problemas con el manejo del recurso agua y la sedimentación de ríos. La investigación en sistemas silvopastoriles debe enfocarse a nivel de cuenca o paisaje para diseñar sistemas de uso de la tierra adecuados a las condiciones de cada entorno.
- *Sistemas silvopastoriles para la conservación de la biodiversidad en el corredor biológico Mesoamericano e incentivos para los productores.* Los sistemas silvopastoriles pueden asumir un rol importante en la implementación exitosa del corredor biológico Mesoamericano, debido a que los pastos cubren un área mayor en esta región. Sin embargo, la información disponible sobre su contribución a conservar la biodiversidad es escasa y se refiere sobre todo a la regeneración de especies forestales y el movimiento de la fauna. Se espera que los corredores proporcionen camino, fuente y hábitat para las especies nativas y exóticas de la fauna (Saunders y Hobbs 1991). El inventario de las especies de plantas y fauna en los diferentes corredores de un paisaje son esenciales para su diseño y manejo exitoso. El acercamiento a este objetivo integra la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (GIS) a nivel macro y el inventario de especies a nivel

micro.

Como en el caso del secuestro de carbono la conservación de la biodiversidad por medio de la siembra de redes de cortinas rompeviento, árboles dispersos en pastos, plantaciones forestales etc., va a requerir de incentivos monetarios para tener impacto. Los productores van a perder parte de su terreno productivo a favor de la conservación, sin tener siempre una compensación directa debido a interacciones benéficas entre el área de conservación y de producción. En el futuro hay que comprobar con una base de datos sólidos, si bien estos incentivos se justifican. En este sentido se requiere estudios sobre el impacto en la conservación de especies de plantas y animales de sistemas silvopastoriles en diferentes ecozonas de la región para elaborar instrumentos de decisión que sirvan a los gobiernos Mesoamericano y los donantes. Por el momento, no hay tiempo para esperar los resultados de estos estudios. Hay que asumir, que los corredores tienen un beneficio, retener o difundirlos ampliamente y estudiar su función, antes de perderlos y detectar después que fue que se perdió (Saunders y Hobbs 1991).

- *Modelaje de uso de la tierra.* Muchas de las investigaciones en sistemas silvopastoriles se realizaron con componentes a nivel de estación experimental o a nivel de finca. Sin embargo hay que diseñar modelos a una escala mayor por ejemplo región o paisaje, integrando componentes biofísicos, socioeconómicos, culturales y ambientales.

Literatura Citada

Alagón, G. 1990. Comparación del follaje de poró (*Erythrina poeppigiana*) con otras fuentes nitrogenadas de diferente potencial de escape a la fermentación ruminal, como suplemento para vacas lecheras alimentadas con caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Tesis Mag. Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 145 p.

Araya, J. ; Benavides, J.E.; Arias, R y Ruiz, A.. 1994. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. *In:* J.E. Benavides (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. I. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 31-63.

Arias R. 1987. Identificación y caracterización de los sistemas de producción caprina, predominantes en la región del Altiplano Occidental de Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba Costa Rica, UCR/CATIE. 155 p.

Barrios C., Beer J y Ibrahim M. 1999. Cattle dung as a tool for protecting commercial timber trees in silvopastoral systems. *In:* Actas de la IV Semana Científica, CATIE Costa Rica, CATIE, pp 240 -243

Benavides, J. 1995. Manejo y utilización de la morera (*Morus alba*) como forraje. *Agroforestería en las Américas* 2(7): 27-30

Benavides, J.E. 1994. Utilización del poró (*Erythrina spp.*) En sistemas agroforestales con rumiantes menores. *In:* S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. p. 237-249.

Benavides, J.E. 1994. La investigación en árboles forrajeros. *In:* J.E. Benavides (ed.). Árboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE, Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. I. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 3-28.

Benavides, J.E.; Ramlal, H. y Pezo, D. 1992. Feeding resources for goats in Central America and the Caribbean Region. *In:* R.M. Acharya (ed.). Vth International Conference on Goats, New Delhi. Invited Papers, vol 2, part 1, Indian Council of Agricultural Research, New Delhi, India. p. 134-142.

- Bolívar, D.M., 1998. Contribución de *Acacia mangium* al mejoramiento de la calidad forrajera de *Brachiaria humidicola* y la fertilidad de un suelo ácido del trópico húmedo. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.
- Botero J., Ibrahim M., Bouman, B., Andrade H. y Camargo J. 1999. Exploración de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero de doble propósito en el trópico húmedo. In: Actas de la IV Semana Científica. CATIE. Costa Rica. CATIE pp 248 -251
- Bronstein, G.E. 1984. Producción comparada de una pastura de *Cynodon nlemfuensis* asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Tesis Mag. Sc., UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 110 p.
- Budowski, G. 1993. The scope and potential of agroforestry in Central America. *Agroforestry Systems* 23: 121-131.
- Burel, F., 1996. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 15(2), 169-190.
- Bustamente J., Ibrahim M y Beer J. 1998. Evaluación agronómica de ocho gramíneas mejoradas en un sistema silvopastoril con poro (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 5(19): pp 11-16.
- Camero, A.; Vázquez, R.; Alagón, G.; Kass, M. y Romero, F. 1993. Uso de *Erythrina poeppigiana* como suplemento a forrajes con bajo contenido proteico. In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.). *Erythrina in the New and Old Worlds*. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. p. 231-236.
- Dixon, R.K., 1995. Agroforestry Systems: sources or sinks of greenhouse gases? *Agroforestry Systems* 31, 99-116
- Esquivel, J., 1997. Efecto del componente arbóreo de un sistema silvopastoril sobre la distribución de nutrientes, biomasa microbial y densidad de lombrices en un suelo bajo pastoreo en la Zona Atlántica de Costa Rica. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.
- Flores O. 1994. Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. In J. Benavides (ed), *Arboles y Arbustivos Forrajeros en América Central*, CATIE, pp 117 - 133
- Harvey, C.A., Haber, W.A., Mejias, F., Solano, R., 1998. Remnant trees in Costa Rican pastures. Tools for conservation? *Agroforestry Trees* July-Sept. 1998, 7-9.
- Holmann, F. y Estrada R. 1997. Alternativas agropecuarias en la región pacífico central de Costa Rica: Un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. En C.E. Lascano y F. Holman *Conceptos y metodológicas de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito*. CIAT, Cali, Colombia. Pp 134 -150.
- Holman, F.; Romero, F.; Montenegro, J.; Chana, C.; Oviedo, E. y Baños, A. 1992. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles con pequeños productores de leche en Costa Rica: primera aproximación. *Turrialba* 42: 79-89.
- Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D.S., 1991. Changes in the landscape of latin América between 1850 and 1985. II. Net release of CO₂ to the atmosphere. *Forest Ecology and Management* 38, 173-199.
- Ibrahim M., Franco, M., Pezo, D., Camero A., Araya J. 1999. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the sub-humid tropics of Costa Rica. *Agroforestry systems* (en revisión)
- Ibrahim M., Canto G y Camero A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. In M. Ibrahim y J. Beer (eds) *Agroforestry prototypes for Belize*, CATIE /GTZ, Costa Rica, pp 15-39.

- Ivory, D.A. 1990. Major characteristics, agronomic features and nutritional value of shrubs and tree fodders. *In: C. Devendra (ed.)*. Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. IDRC, Ottawa, Canadá. p. 22-38.
- Jansen, H.G.; Nieuwenhuysen, A. e Ibrahim, M. 1996. Evaluación económica de sistemas mejorados de producción de ganado vacuno en la Zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 3.
- Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. y Pezo, D. 1992. Lessons from main feeding experiments conducted at CATIE using fodder trees as part of the N-ration. *In: A. Speedy y P. Pugliese (eds.)*. Legume Tree and other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at MARDI, Kuala Lumpur, Malaysia. FAO, Animal Production and Health Paper No. 102. FAO, Rome, Italy. pp. 161-175.
- Lascano, C.E. y Pezo, D.A. 1994. Agroforestry Systems in the humid forest margins of Tropical America from a livestock perspective. *In: Copeland, J.W., Djajanegara, A. and Sabrani, M. (eds.)*. Agroforestry and Animal Husbandry for Human Welfare. Proceedings, International Symposium, Bali, Indonesia. July 11-16, 1994. ACIAR Proc. No. 55. pp. 17-24.
- Libreros, H., 1990. Efecto de depositar en el suelo material de poda de poró (*Erythrina poeppigiana*) sobre la producción y calidad de la biomasa del king grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) establecido en asocio. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.
- Lopez, A., Schlönvoigt, A., Ibrahim, M., Kleinn, C., Kanninen, M., 1999. Cuantificación del carbono almacenado en el suelo de un sistema silvopastoril en la zona Atlántica de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 6(23), in press.
- Pezo, D., Ibrahim, M., 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. CATIE-GTZ, Turrialba, C.R.
- Pezo, D.; Kass, M.; Benavides, J.; Romero, F. y Chaves, C. 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. *In: C. Devendra (ed.)*. Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals, Proceedings of a Workshop held in Denpasar, Indonesia, July 24-29, 1989. IDRC, Ottawa, Canada. p. 163-175.
- Pezo, D.A., Romero, F. e Ibrahim, M. 1992. Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne. *In: Fernández-Baca, S. (ed.)*. Avances en la producción de leche y carne en el Trópico Americano. FAO, Santiago, Chile. pp. 47-98.
- Riesco, A. 1992. La ganadería bovina en el trópico americano: Situación actual y perspectivas. *In: S. Fernández-Baca (ed.)*. Avances en la Producción de Leche y Carne en el Trópico Americano. FAO, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. p. 13-46.
- Rodríguez F., R.A. 1985. Producción de biomasa de poró gigante (*Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook) y King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del poró. Tesis *Mag. Sci.* CATIE/UCR, Turrialba, Costa Rica. 96 p.
- Romero, F.; Abarca, S.; Corado, L.; Tobón, J.; Kass, M. y Pezo, D. 1993. Producción de leche de vacas en pastoreo suplementadas con poró (*Erythrina poeppigiana*) en el trópico húmedo de Costa Rica. *In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.)*. *Erythrina* in the New and Old Worlds. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. p. 223-230.
- Romero, F.; Montenegro, J.; Chana, C.; Pezo, D. y Borel, R. 1993. Cercas vivas y bancos de proteína de *Erythrina berteroana* manejados para la producción de biomasa comestible en el trópico húmedo de Costa Rica. *In: S.B. Westley y M. H. Powell (eds.)*. *Erythrina* in the New and Old Worlds. NFTA, Paia, Hawaii, U.S.A. p. 205-210.
- Russo R., 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10, 241-252

Saunders, D.A., Hobbs, R.J., 1991. The role of corridors in conservation: what do we know and where do we go? In: Nature Conservation: the role of corridors. Saunders, D.A., Hobbs, R.J. (eds.), Beathy and Sons, Australia. Pp. 421-427.

Suzano-Hernández, R. 1981. Especies arbóreas forestales susceptibles de aprovecharse como forraje. Revista Ciencia Forestal (México) 29: 31-39.

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

Valerio, S. 1990. Efecto del secado y métodos de análisis sobre los estimados de taninos y la relación de estos con la digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Tesis *Mag. Sc.*, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 94 p.

Velasco, J.A., 1998. Productividad forrajera, aporte de fósforo foliar y dinámica de los hongos endomicorrízicos y lombrices, en una pradera de *Brachiaria humidicola* sola y en asocio con *Acacia mangium*. Tesis M.Sc., CATIE, Turrialba, C.R.

Veldkamp, E., 1993. Soil organic carbon dynamics in pastures established after deforestation in the humid tropics of Costa Rica. Tesis Ph.D., Universidad de Wageningen, NL

Viera C y Barrios C. 1997. Exploración sumaria de la producción de maderas en porteros de la zona ganadera de esparza: especies, manejo, y dinámica de componentes maderables. Trabajo presentado para el curso de Manejo de Forestal II, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 25 p

Cuadro I. Contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) en follajes de leñosas perennes presentes en Costa Rica²

Nombre Común ¹	Nombre Científico	PC, %	DIVMS, %
Poró	<i>Erythrina poeppigiana</i>	24.2	51.4
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	24.8	62.2
Leucaena (Guaje)	<i>Leucaena leucocephala</i>	22.0	52.7
"Shaguay" (Guamúchil)	<i>Pithecelobium dulce</i>	24.1	59.6
Guanacaste (Pich)	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	21.7	68.8
Morera	<i>Morus spp.</i>	24.2	79.3
Chicasquil fino	<i>Cnidoscolus acutifolium</i>	41.7	84.4
Sauco	<i>Sambucus mexicana</i>	24.3	75.8
Clavelón	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	19.9	71.2
Tora morada	<i>Verbesina myriocephala</i>	20.3	69.8
Tora blanca	<i>Verbesina turbacensis</i>	20.2	68.4
Guachipelín	<i>Dyphisa robinoides</i>	26.9	69.8
Amapola	<i>Malvaviscus arboreus</i>	21.0	68.3
Zorrillo	<i>Cestrum baenitzii</i>	37.1	65.8
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	16.5	56.6
Guácimo (Caulote)	<i>Guazuma ulmifolia</i>	15.6	54.1

Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	19.8	51.7
Ojoche (Ramón)	<i>Brosimum alicastrum</i>	16.1	59.0
Cassia	<i>Cassia siamea</i>	13.9	60.6
Acacia	<i>Acacia angustissima</i>	19.9	23.2 ³
Albizia	<i>Albizia falcataria</i>	20.3	42.4
Caliandra	<i>Calliandra calothyrsus</i>	20.2	21.0 ³
Guaba criolla	<i>Inga spp.</i>	21.8	23.2 ³

¹ Denominación propia de Costa Rica. En paréntesis los nombres comunes dados en México a algunas de las especies, según Susano-Hernández (1981)

² Adaptado de: Valerio (1990), Benavides *et al* (1992) y Araya *et al* (1994)

³ Especies con alto contenido de taninos, los cuales llevan a subestimar su digestibilidad *in vitro*

Cuadro 2. Producción de leche en vacas que recibieron una ración basal de caña de azúcar suplementada con fuentes proteicas tradicionales o con follaje de *Erythrina poeppigiana* (Alagón, 1990)

Atributo	H. soya	H. Pescado	Urea	<i>Erythrina poeppigiana</i>
Ración¹, kg MS/vaca/día				
Melaza	0.75	0.75	1.50	0.75
Semolina de arroz	1.76	1.76	1.97	1.76
Caña de azúcar	4.25	5.10	5.30	3.45
Suplemento proteico	1.61	1.09	0.25	3.30
Producción, kg/vaca/día	10.5	11.0	9.6	9.3
Composición de leche, %				
Grasa	3.5	3.4	3.4	3.6
Proteína	3.4	3.3	3.0	3.4
Sólidos Totales	12.5	12.4	12.0	12.6
Ingreso, US \$/vaca/día				
Bruto	3.16	3.31	2.79	2.88
Neto	1.89	2.04	2.03	2.12

¹ Raciones isonitrogenadas e isoenergéticas.

Cuadro 3. Efecto de cambios en el precio de la leche sobre el ingreso neto, productos (leche y carne) y mano de obra.

PARAMETRO	ESCENARIO (Cambios en precio de leche)				
	-25%*	-10%	BASE	+10%	+25%

<i>Precio de leche (colones litro⁻¹)</i>	45	54	60	66	75
<i>Función objetivo (miles colones ha⁻¹ ano⁻¹)</i>	32.8	39.6	44.0	48.7	57.5
<i>Cantidad de leche (kg año⁻¹)</i>	52274	52274	52274	59801	73773
<i>Volumen de madera (m³ año⁻¹)</i>	140	140	140	130	140

* El porcentaje corresponde a la disminución o aumento respecto al precio base de la leche. El precio base de la leche en junio 1998 fue 60 colones l⁻¹ (tasa de cambio: 1\$US = 250 Colones).