

Agroforestería para la producción animal en América Latina

ESTUDIO FAO
PRODUCCIÓN
Y SANIDAD
ANIMAL

143



Organización
de las
Naciones
Unidas
para la
Agricultura
y la
Alimentación



Agroforestería para la producción animal en América Latina

Memorias de una conferencia electrónica
realizada de abril a septiembre de 1998

Moderada por

**Mauricio Rosales Méndez, Enrique Murgueitio
y Héctor Osorio**

Fundación CIPAV

y

Manuel D. Sánchez y Andrew Speedy

FAO

M.D. Sánchez y M. Rosales Méndez

Editores

446367
ESTUDIO FAO
PRODUCCIÓN
Y SANIDAD
ANIMAL

143

JMS
AFL

Organización
de las
Naciones
Unidas
para la
Agricultura
y la
Alimentación



Roma, 1999

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-27
ISBN 92-5-304257-5

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse a la Dirección de Información, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

© FAO 1999

ÍNDICE

Preámbulo	vii
Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical Manuel D. Sánchez	1
Investigación agroforestal: perspectivas globales Jeffrey Burley y Andrew W. Speedy	37
Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia Enrique Murgueitio y Zoraida Calle	53
Avances en la investigación en sistemas silvopastoriles en Cuba I. Hernández, Milagros Milera, L. Simón, D. Hernández, J. Iglesias, L. Lamela, Odalys Toral, C. Matías y Geraldine Francisco	89
Las Palmas, una estrategia de vida tropical Alvaro Ocampo Durán	107
Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia Siavosh Sadeghian, Juan Manuel Rivera y María Elena Gómez	123
Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina Barry Pound	143
Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales Raúl Botero y Ricardo O. Russo	171

Comentarios generales	196
Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales Mauricio Rosales Méndez	201
Arboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano J.C. Ku Vera, L. Ramírez Avilés, G. Jiménez Ferrer, J.A. Alayón y L. Ramírez Cancino	231
<i>Cratylia argentea</i>: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales Pedro J. Argel y Carlos E. Lascano	259
Utilización de la morera en sistemas de producción animal Jorge E. Benavides	275
Potencial del guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>) en sistemas silvopastoriles L. Alfonso Giraldo V.	295
<i>Tithonia diversifolia</i> una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico Clara I. Ríos Kato	311
Variación genética en arboles forrajeros Jeffrey L. Stewart	327
Utilización del marango (<i>Moringa oleifera</i>) como forraje fresco para ganado Nikolaus Foidl, Leonardo Mayorga y Wilfredo Vásquez	341

Avances en la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de <i>Trichanthera gigantea</i> Mauricio Rosales y Clara I. Ríos Kato	351
Comentarios generales	363
El silvopastoreo en Cuba Arsenio Renda, Efraín Clazadilla, Marta Jiménez y Joaquín Sánchez	369
Trabajo sobre arboles y arbustos desarrollados por el Instituto de Ciencia Animal de Cuba Grupo de Leguminosas (ICA)	391
Un sistema silvopastoril de <i>Leucaena leucocephala</i>-<i>Cynodon plectostachyus</i>-<i>Prosopis juliflora</i> en el Valle del Cauca, Colombia Liliana Mahecha, Mauricio Rosales M., Carlos Hernando Molina y Enrique José Molina	407
Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con eucalipto en Brasil Omar Daniel y Laércio Couto	421
Agroforestería para la producción animal en Guatemala Rodrigo Arias	439
Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería Jorge E. Benavides	449
Follaje de yuca (<i>Manihot esculenta</i>) como fuente proteica para la producción animal en sistemas agroforestales T.R. Preston, Lylian Rodríguez, Nguyen Van Lai y Le Ha Chau	478

Conclusiones y evaluación de la conferencia electrónica Mauricio Rosales M, Enrique Murgueitio, Héctor Osorio, Andrew Speedy y Manuel D. Sánchez	492
Lista de autores	506
Lista de otras personas que hicieron comentarios	513

PREÁMBULO

En lo que se puede considerar el inicio del período post-revolución verde, a nivel global se están buscando y desarrollando sistemas de producción agrícola que mantengan o incrementen los rendimientos por unidad de área, pero que conserven los recursos naturales, protejan el medio ambiente y promuevan la biodiversidad y el desarrollo rural.

En el contexto pecuario de América Latina, la producción ganadera basada en praderas de gramíneas ha sido culpada de la destrucción de inmensas extensiones de bosques y selvas, de la pérdida de recursos genéticos vegetales y animales, y de contribuir al éxodo de la población rural hacia las grandes urbes.

Como respuesta a esta preocupante situación, los sistemas agroforestales, incluyendo los silvopastoriles, representan una alternativa para intensificar la producción animal, reduciendo la dependencia de insumos externos. Estos sistemas implican una mayor necesidad de recursos humanos y de diversidad biológica.

Dentro de las actividades del programa regular, de la Dirección de Producción y Sanidad Animal, se organizó una conferencia electrónica sobre "Agroforestería para la Producción Animal en América Latina" con apoyo de una carta de acuerdo con la Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

Los objetivos de la conferencia fueron los de exponer y discutir las valiosas experiencias de producción pecuaria basada en sistemas con árboles y arbustos y de presentar las especies más promisorias.

Por razones de tiempo y de enfoque, se limitaron las contribuciones a las zonas tropicales, aunque se reconoce que los sistemas agroforestales tienen también un enorme potencial en otras zonas climáticas. Se espera que esta publicación, que también está disponible en formato electrónico (CD Rom y página Internet de la FAO) contribuya a hacer conciencia sobre las posibilidades y la necesidad de la reconversión de la producción pecuaria hacia sistemas agroforestales, y estimule la investigación, el desarrollo y la extensión.

A. Sawadogo

Director del Departamento de Agricultura

Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en América Latina tropical

Manuel D. Sánchez

Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO, Roma

SUMMARY

Animal production in the Latin American tropics has developed by incomplete adaptation of temperate systems. Extensive cattle production based on grass has caused ecological damage and loss of biodiversity; has not contributed to rural employment and development. Agroforestry systems are alternatives to intensify animal production while promoting plant/animal biodiversity and environmental conservation. Agroforestry implies the presence of trees and shrubs. It includes silvopastoral systems with grazing beneath or among trees in natural or planted forests; industrial and fruit tree plantations; in pastures with forage and multipurpose trees (in fences, banks and throughout the area); and integration of animals (in confinement) within mixed farming, and intensive cut-and-carry systems. Specialised silvopastoral systems have the following advantages over grass monocultures: greater amount and higher quality of fodder distributed in various plant strata; better micro-environment for animals; greater plant/animal biodiversity; larger carbon reservoir (counteracting CO₂ emissions); and various other benefits at farm level (firewood, posts, wind barriers, watershed protection, landscape improvement). Constraints to the development and extension of silvopastoral systems include: identification of suitable plant species for each stratum and location; technologies for plant introduction; methodologies for farm conversion to silvo-pastoral systems; financial support; availability of labour; and land tenure aspects. Key factors for the success of agroforestry systems are re-training of technical people and setting up demonstration units.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL TROPICAL

Por variadas razones, principalmente ligadas al legado colonial y a la formación académica tradicional, la producción animal en la mayor parte de las zonas tropicales de América Latina, tanto para monogástricos como para rumiantes, se ha basado en la adaptación incompleta de modelos desarrollados en climas templados. Los sistemas de producción bovina bajo pastoreo extensivo en las zonas tropicales, han causado un gran daño al medio ambiente y a la biodiversidad, han impedido un desarrollo rural y por consecuencia han promovido la emigración de la población rural hacia las ciudades en busca de alternativas mejores de vida (Howard-Borjas, 1995).

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

La vegetación original de la mayor parte de los ecosistemas tropicales húmedos es rica en variedad de especies y en cantidad total de biomasa distribuida en múltiples estratos, con una alta capacidad fotosintética. Los nutrientes minerales y el material orgánico están distribuidos principalmente en las plantas. Los suelos, lixiviados y generalmente pobres, no tienen la capacidad de retener los nutrientes presentes en el ecosistema una vez que la abundante vegetación ha sido removida, y reemplazada por una relativamente ligera cubierta compuesta de pastos. Con esta pérdida de biomasa, se pierde también capacidad fotosintética.

Las praderas de pastos para la producción bovina son verdaderamente artificiales, pues no solo la mayor parte de las especies de gramíneas vienen de otros continentes, incluso las que forman las llamadas praderas tropicales nativas, sino que hay que hacer un esfuerzo constante para evitar que se llenen de las llamadas malezas. Las tentativas de la naturaleza para restablecer una vegetación secundaria, reflejada en el crecimiento espontáneo de árboles y arbustos, son

constantemente detenidas por los herbicidas o en el mejor de los casos por el machete o el control mecánico.

La producción primaria de las praderas artificiales es baja comparada con la que existía originalmente, y la producción de carne y leche por unidad de área, a pesar de variedades de pastos mejorados y fuerte fertilización, ha llegado a un límite que parece insuperable con las estrategias de la revolución verde: monocultivo de pastos y altos insumos (fertilizantes) derivados de los combustibles fósiles. Las leguminosas rastreras introducidas en algunos casos han tenido una contribución significativa a los rendimientos del pastizal, pero en general han probado ser difíciles de manejar y mantener. Según T.R. Preston (comunicación personal) es claro que las mejoras en los sistemas de producción animal en el trópico no hay que buscarlas mirando hacia abajo (buscando pastos y leguminosas rastreras), sino hacia arriba (buscando árboles y arbustos forrajeros). En otras palabras, se tiene que regresar a modelos más cercanos a la vegetación original, pero específicamente diseñados para aumentar la productividad animal de los mismos.

Los sistemas agroforestales ofrecen una alternativa sostenible para aumentar la biodiversidad animal y vegetal, y para aumentar los niveles de producción animal con reducida dependencia de los insumos externos. Con ellos se trata de aprovechar las ventajas de varios estratos de la vegetación, como se ha enfatizado desde hace tiempo en el sudeste asiático (Nitis *et al*, 1991) y de mejorar la dieta animal proporcionando una diversidad de alimentos, forrajes, flores y frutos, que permiten al animal variar su dieta y aumentar su nivel de producción.

TERMINOLOGÍA

Por **agroforestería** se entiende tradicionalmente todos aquellos sistemas donde hay una combinación de especies arbóreas con especies arbustivas o herbáceas, generalmente cultivadas. Este término es muy amplio pues incluye desde la simple presencia de algunos árboles (ej. frutales) en combinación con cultivos de vegetales o cereales, hasta sistemas complejos con múltiples especies en varios estratos.

El **silvopastoreo** es un tipo de agroforestería que implica la presencia de animales directamente pastando entre o bajo árboles. Los árboles pueden ser de vegetación natural o plantados con fines

maderables (e.g. pinos), para productos industriales (e.g. caucho, palma de aceite), como frutales (e.g. mangos, cítricos) o árboles multipropósito en apoyo específico para la producción animal.

Por tanto, existen varios tipos de sistemas silvopastoriles y agroforestales con componente pecuario:

- Pastoreo en bosques naturales
- Pastoreo en plantaciones forestales para madera
- Pastoreo en huertos
- Pastoreo en plantaciones de árboles con fines industriales
- Praderas con árboles o arbustos forrajeros en las praderas
- Sistemas mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte
- Sistemas agroforestales especializados para la gandería intensiva

Estos sistemas son descritos brevemente a continuación.

SISTEMAS AGROFORESTALES PECUARIOS

Pastoreo en bosques naturales

Estos son los sistemas silvopastorales más antiguos y se han practicado desde hace mucho tiempo en Europa y en América desde la colonización. En el caso particular de España, las «dehesas» se han desarrollado como una silvicultura pastoral especializada con un manejo de los encinos (*Quercos* spp) mediante podas que favorecen la producción de bellotas y de forraje tanto de los árboles como del pasto (Etienne, 1996). Por otro lado, el pastoreo en las tierras con bosques de propiedad federal en los EE.UU. ha contribuido en forma notable a la producción bovina y ovina en este país.

Pastoreo en plantaciones forestales para madera

De manera creciente se está considerando la integración de un componente ganadero en las plantaciones forestales comerciales por dos motivos: para proporcionar ingresos durante el tiempo que los árboles no se explotan y para reducción de riesgos de incendios forestales (Kosarik, 1997; Polla, 1997).

Pastoreo en huertos

En la zona del Mediterráneo es tradicional el pastoreo en los olivares para control de malezas y reducción de incendios (Vera y Vega, 1986). En las zonas tropicales el mayor interés ha sido en la integración de ovinos en los huertos de cítricos. En Cuba la integración de ovinos pelibuey en los naranjales se ha investigado desde hace varios años (Borroto *et al*, 1985, 1986ab, 1989, 1994), pero su aplicación en las plantaciones comerciales ha sido limitada, debido en parte al daño por el consumo del follaje de los cítricos. Actualmente se están realizando investigaciones en la Universidad de Ciego de Avila (Cuba) estudios sobre la integración de ovinos en plantaciones de cítricos que incluyen el uso de cultivos de cobertura con leguminosas rastreras. Una aplicación más inmediata existe con la integración de caballos en cítricos, ya que controlan los agresivos pastos tropicales y consumen los solo frutos caídos, sin dañar los troncos o el follaje de los frutales. Actualmente se están cuantificando el comportamiento de los caballos y el efecto sobre la calidad y cantidad de la fruta en un estudio conducido por la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (Matanzas, Cuba).

Pastoreo de plantaciones de árboles con fines industriales

El pastoreo tanto de ovinos en plantaciones de caucho, como de ovinos y bovinos en plantaciones de palma de aceite es una práctica que esta aumentando principalmente en el sudeste asiático (Sánchez, 1995), y ha sido el tema de varias reuniones internacionales (Iñiguez y Sánchez, 1991; Tajuddin, 1991; Ho *et al*, 1996). Existe un potencial enorme de producción ovina y vacuna basada en los recursos forrajeros que crecen en las plantaciones mismas tanto para caucho como para palma de aceite y coco (Reynolds, 1995), como en los productos y subproductos del procesamiento industrial o artesanal de los frutos de la palma aceitera (Ho *et al*, 1996). Existe también un gran potencial de desarrollar sistemas sostenibles de producción porcina basados en la integración con la palma de aceite (Ocampo, 1995, 1996).

Praderas con árboles o arbustos forrajeros en la pradera

Consiste en la incorporación de árboles o arbustos forrajeros o multipropósito en las praderas naturales o artificiales. Las modalidades pueden incluir los cercos vivos, los bancos de proteína (generalmente de

leguminosas) y la inclusión de forrajeras arbustivas o arbóreas directamente en las praderas. En ciertos casos el componente de gramíneas se ve reducido a un mínimo, especialmente cuando hay varios estratos de plantas en sistemas silvopastoriles especializados para la producción pecuaria. Estos sistemas están aun poco difundidos, pero representan el potencial mayor en cuanto a su posible impacto a nivel de la producción animal en América Latina tropical.

Sistemas mixtos con árboles forrajeros o multipropósito para corte

En estos sistemas mixtos el componente pecuario se integra al agrícola y en ocasiones al piscícola, en un sistema mixto con complementariedad de especies animales y vegetales (Preston y Murgueitio, 1992). Los árboles y arbustos forrajeros proporcionan follaje de alta calidad para complementar la dieta basada en residuos de cosecha de bovinos y búfalos; la dieta de porcinos basada en algún producto rico en energía (e.g. jugo de caña o de palma, yuca, aceite y subproductos de la palma africana); y como base de las dietas de pequeños rumiantes (Gómez *et al*, 1995).

Sistemas agroforestales especializados para la ganadería intensiva

Estos sistemas se basan en la producción intensiva de forrajes de alto valor nutritivo (eg *Morus*, *Hibiscus*, *Malvaviscus*) en combinación con leguminosas para reducir los aportes externos de abonos o fertilizantes nitrogenados (Benavides, 1994). Estos forrajes de alta calidad pueden reemplazar completamente los concentrados a base de cereales y tortas de oleaginosas si reducción de la calidad ni la cantidad de leche, y por tanto permiten niveles muy altos de intensificación sin alta dependencia de insumos externos.

VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES ESPECIALIZADOS PARA LA PRODUCCIÓN PECUARIA.

Las ventajas de los sistemas silvopastoriles dirigidos específicamente a intensificar la producción animal en comparación con los sistemas basados en monocultivo de pastos se exponen a continuación:

Mayor cantidad y variedad de alimento con mejor calidad

El aprovechar la capacidad fotosintética de estratos múltiples de plantas destinadas específicamente a proporcionar alimento para los animales, representa uno de las mayores oportunidades para intensificar la producción pecuaria de manera sostenible, sin significativa dependencia de recursos externos. Uno de los objetivos a alcanzar sería el establecer una comunidad secundaria estable, con varios estratos de plantas productoras de follaje o frutos con valor nutritivo complementario.

Aunque las combinaciones posibles son ilimitadas, dependiendo de las especies vegetales y animales involucradas y las condiciones de suelo y clima, la siguiente estructura vegetal daría buenos resultados en muchos lugares:

- **Estrato arbóreo alto.** Este estrato estaría compuesto de un número determinado de individuos repartidos uniformemente. Además de proporcionar una media sombra que favorece un micro-clima en el cual se mantienen los forrajes de calidad por periodos más prolongados, también ayudan con la extracción de nutrientes del subsuelo, y pueden proporcionar tanto frutos como follaje caducifolio que los animales aprovechan ciertas épocas del año. Este estrato es clave para la estabilidad del sistema, pero es el que tarda más tiempo en establecerse. También pueden compartir este estrato palmas que proporcionan frutos comestibles, y otros productos. Las palmas en ocasiones no son eliminadas como el resto de la vegetación arbórea, o dadas sus características propias pueden ser transplantadas con facilidad aún siendo individuos adultos. Especies para este estrato podrían incluir *Albizia saman*, *Albizia lebbek*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina poeppigiana*, *Prosopis* spp. etc., y entre las palmas *Roystonea regia*, *Eleais guineensis*, *Bactris gasipaes*, *Mauritia flexuosa*, etc.
- **Estrato medio arbóreo.** Compuesto de árboles y arbustos para ramoneo, constituye el componente forrajero más importante. Idealmente, estaría formado por una combinación de leguminosas (eg *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Sesbania* spp, *Erythrina berteroana*) y de plantas con follaje de alta calidad (ej. *Morus alba*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Trichanthera gigantea*).

- **Estrato medio trepador.** Leguminosas trepadoras (ej. *Neonotonia wightii*, *Centrosema pubescens*, *Clitoria ternatea*, *Teramnus labialis*) junto con otras forrajeras trepadoras (ej. *Ipomea* spp) serían las especies de este estrato.
- **Estrato herbáceo.** Estaría compuesto de pastos (*Panicum maximum*, *Paspalum* spp, *Brachiaria* spp, *Setaria* spp), leguminosas (*Arachis pintoii*, *Stylosanthes guianensis*, etc.) y otras forrajeras herbáceas.

La presencia de variados tipos y calidades de forrajes permite a los animales variar el consumo (Provenza, 1996) y de esta manera poder balancear su dieta de acuerdo a sus requerimientos y potencial, que se puede reflejar en mayor nivel de producción. Esta posibilidad de seleccionar la dieta adecuada no existe en los monocultivos de gramíneas. El término «ecología nutricional» (Leng, 1998) se ha sugerido para referirse a este esfuerzo de proporcionar el tipo o la variedad de forraje y/o alimento que permita al animal en cuestión variar por sí mismo su dieta respondiendo a estímulos metabólicos de retroalimentación (Provenza, 1996).

El valor de los árboles y arbustos forrajeros como fuente de proteína para los animales fue el tema de una consulta interdisciplinaria de expertos (FAO, 1992) donde se presentaron y discutieron variados aspectos del valor nutritivo de los follajes y del papel que juegan las leguminosas arbóreas y otros árboles forrajeros en los sistemas de producción animal. Recientemente se ha preparado una publicación (Leng, 1998) donde se analizan en detalle las contribuciones a nivel ruminal del follaje de leguminosas arbóreas. En forma resumida los follajes proporcionan nitrógeno y otros nutrientes necesarios para el adecuado funcionamiento ruminal en dietas basadas en forrajes de baja calidad; son una fuente excelente de energía digestible; y pueden proporcionar proteína sobrepasante necesaria para asegurar una respuesta productiva (en ganancia de peso o en aumento de producción de leche) en los animales alimentados con forrajes.

Microambiente favorable para los animales

El microclima que se crea bajo los árboles beneficia también a los animales domésticos que se mantienen más frescos a la media sombra que bajo el fuerte sol tropical. Aunque en las condiciones de pastoreo en

praderas artificiales, los bovinos tienden a pastar preferiblemente en las horas más frescas, ciertamente su consumo se ve limitado tanto por razones de regulación del balance térmico como por restricciones del horario de pastoreo.

Expansión de la biodiversidad

Estos bosques diseñados para la producción animal también favorecerán gradualmente el aumento la biodiversidad de especies animales silvestres, y la recuperación de los nutrientes presentes en la vegetación original a partir de la extracción de los mismo del subsuelo.

Potencial de fijación de carbono

Aunque recientemente se ha calculado el potencial de fijación de carbono atmosférico en praderas con pastos «mejorados», la capacidad de fijar carbono de los sistemas silvopastoriles con varios estratos, y con esto contribuir a reducir el efecto invernadero será significativamente superior a cualquier monocultivo de pastos.

Ventajas adicionales a nivel de finca

La introducción de especies arbóreas y arbustivas en la finca proporcionan además beneficios adicionales como protección de mini-cuencas, incluyendo las protección del suelo contra la erosión principalmente en áreas de pendiente; producción de postes, estacas y madera; protección del viento; y embellecimiento (McLennan y Bazill, 1995)

LIMITANTES PARA EL DESARROLLO DE LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES ESPECIALIZADOS

Las principales limitantes para el desarrollo y la adopción de los sistemas silvopastoriles especializados se exponen a continuación. Esta no es una lista exhaustiva, y seguramente en cada localidad habrá algunas limitantes específicas no incluidas aquí. El orden de importancia de las limitantes también variará para cada situación.

Identificación de especies vegetales idóneas para cada estrato

Se requerirá investigación, consultación con campesinos (conocimiento tradicional) y un análisis de las experiencias en otros lugares con

condiciones similares, para determinar las especies por incluir en los sistemas silvopastorales. Debido a que los costos de introducción de las especies arbóreas y arbustivas pueden ser considerables, y al tiempo requerido para su desarrollo, la adecuada selección de especies es crítica para su éxito y sostenibilidad.

Tecnología de incorporación de las especies

La factibilidad técnica y económica para el establecimiento de las diferentes especies en la pradera será determinante para la adopción de los sistemas silvopastoriles. Las técnicas tradicionales de producción de plántulas en viveros pueden no ser las más prácticas en todos los casos, ej. en Colombia se han utilizado sembradoras de granos para sembrar semilla de *Leucaena* revuelta con sorgo o maíz (C. Molina, comunicación personal). Los cereales de más rápido crecimiento tienen la función de indicar las hileras donde se han depositado las semillas, y de esta manera el deshierbe mecánico a bajo costo es factible.

Metodologías para la conversión a nivel de finca

La planificación de la reconversión por potreros debe ser cuidadosamente realizada para asegurar la disponibilidad de forraje para los animales a través del año durante el período de transición. En Cuba este proceso se ha facilitado a nivel de las empresas pecuarias que pueden tomar decisiones sobre el movimiento de los hatos completos.

Financiamiento para las inversiones

La rentabilidad de la conversión hacia sistemas silvopastoriles debe determinarse si se quiere interesar a los organismos financieros a proporcionar el crédito necesario para las inversiones. La rentabilidad debe incluir los componentes de biodiversidad, protección ambiental y perspectivas de desarrollo rural.

Mano de obra

La intensificación de la producción que puede resultar de los sistemas silvopastoriles tendrá implicaciones sobre los requerimientos de mano de obra. Una mayor producción, especialmente de la ganadería lechera, aumentará las necesidades de mano de obra.

Tenencia de la tierra

En algunos casos la posibilidad de aumentar la capacidad de carga de las fincas y su producción tendrá implicaciones sobre la tenencia de la tierra y su valor de mercado.

NECESIDADES DE REEDUCACIÓN DE LOS TÉCNICOS Y UNIDADES DEMOSTRATIVAS

El concepto que la agricultura en las zonas tropicales, y en particular la ganadería debe estar basada en sistemas con especies perennes idealmente distribuidas en varios estratos, debe ser introducida entre los académicos y técnicos agropecuarios. La tarea no será fácil, debido a la inercia de los sistemas actuales basados en monocultivos de pastos, y por lo mismo debe empezarse lo más pronto posible. La mejor manera de convencer tanto a técnicos como a productores de las bondades de los sistemas agroforestales y silvopastoriles, será con unidades demostrativas en fincas representativas en cada ecosistema.

Bibliografía

- Benavides, J.E.** 1994. *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Volúmenes I y II. CATIE, Costa Rica, 721p.
- Borroto, Angela, García, M.C., Cruz, D., y González, O.** 1985. Crianza ovina utilizando la hierba de los cítricos. *Rev. Cubana de Producción Animal* 2(1):15-20
- Borroto, Angela, Bello, Tania., Cobas, María., Valdespino, Aymé., y Hernández, L.** 1986a. Factibilidad de producir carne ovina en áreas cítricas: I. Conducta animal. *Rev. ACPA* 2:53-55.
- Borroto, Angela, Vanegas, María I., Mesa, María A., García, María del C. y Hernández, A.** 1986b. Factibilidad de producir carne ovina en áreas cítricas: II. Ceba estabulada utilizando forraje y residuos de podas. *Rev. ACPA* 2:55-56
- Borroto, Angela, Molina A, Cruz D., y Pérez-Borroto, C.** 1989. Potencial alimentario de dos subproductos agrícolas de cítricos: hierbas bajo corte mecanizado y podas para la producción de carne ovina. *Rev. Cubana de Producción Animal* 5(2):131-136.
- Borroto, Angela, Pérez Borroto, C., Carrillo, M., López, M.A. y Molina, A.** 1994. Pastoreo ovino dentro de los campos de cítricos: libre y con cerco eléctrico. *Rev. Cubana de Producción Animal* 8(1):20-23.
- Etienne, M.** 1996. *Western European Silvopastoral Systems*. INRA, Paris, 276p.
- FAO,** 1992. *Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock*. A. Speedy and P.L. Pugliese (eds.) FAO Animal Production and Health Paper 102, Rome, 339p.
- Gómez, María Elena, Rodríguez, Lylian, Murgueitio, E., Ríos, Clara I., Molina C.H., Molina, C.H., Molina, E. y Molina, J.P.** 1995. *Arboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente protéica*. CIPAV, Cali, Colombia, 129p.
- Ho, Y.W., Vidyadaran, M.K. & Sánchez, M.D.** (eds) 1996. *Proceedings of the First International Symposium on the Integration of Livestock to Oil Palm Production*. Malaysian Society of Animal Production, Kuala Lumpur, 168p.
- Howard-Borjas, Patricia.** 1995. *Cattle and crisis: the genesis of unsustainable development in Central America*. Reforma Agraria, colonización y cooperativas. FAO, Rome, p 89- 116.
- Iñiguez, L.C. & Sánchez, M.D.** 1991. *Integrated Tree Cropping and Small Ruminant Production Systems*. Proceedings of a workshop on research methodologies, Medan, North Sumatra, 9-14 September 1990. SR-CRSP, Bogor, Indonesia, 329p.
- Kosarik, M.** 1997. *La agroforestería en Argentina*. FAO, Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales, Santiago, Chile, 50p.
- Leng, R.A.** 1998. *Tree Foliages, their roles in ruminant nutrition*. FAO Animal Production and Health Paper, Rome, 105p (in press).
- McLennan, A.B. y Bazill, J.** 1995. Experiencias del proyecto reforestación en fincas ganaderas, con énfasis en aspectos pecuarios. En: *Sistemas Pecuarios Sostenibles para las Montañas Tropicales*. Memorias del IV Seminario Internacional, Cali 13-16 Septiembre 1995, CIPAV-CENDI, Cali, Colombia, p.241-248.

- Nitis, I.M., Putra, S., Sukanten, W., Suarna, M. & Lana, K.** 1991. Prospects for Increasing Forage Supply in Intensive Plantation Crops Systems in Bali. In: *Forage for Plantation Crops*. ACIAR Proceedings No. 32.
- Ocampo, A.** 1995. The African Oil palm: strategic resource for animal production in the tropics. In: *First FAO electronic conference on Tropical Feeds* (On the Internet FAO Home Page), FAO, Rome.
- Ocampo, A.** 1996. The African oil palm in integrated farming systems in Colombia: new developments. In: *Second FAO electronic conference on Tropical Feeds*. (On the internet FAO home page), FAO, Rome.
- Polla, María Cristina.** 1997. *La Agroforestería en Uruguay*. FAO, Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales, Santiago, Chile, 24p.
- Preston, T.R. & Murgueitio, E.** 1992. *Strategy for sustainable livestock production in the tropics*. SAREC/CIPAV, Cali, Colombia, 89p.
- Provenza, F.D.** 1996. Acquired aversions as the basis for varied diets of ruminants foraging rangelands. *J. Anim. Sci.* 74:2010-2020.
- Reynolds, S.G.** 1995. *Pasture-Cattle-Coconut Systems*. FAO, Rome, 668p.
- Sánchez, M.D.** 1995. Integration of livestock with perennial crops. *World Animal Review* 82(1):50-57.
- Tajuddin, A.Z.** 1991. *Proceedings of the International Livestock-Tree Cropping Workshop*, 5-9 December 1988, FAO-MARDI, Serdang, 133p.
- Vera y Vega, A.** 1986. *Alimentación y pastoreo del ganado ovino*. Monografías No. 87. Universidad de Córdoba. P.189-217 (Capítulo 14: Los recursos pastorales españoles y su aprovechamiento).

Comentarios

Elizabeth Olivares

Los sistemas agroforestales pecuarios que conozco en Venezuela se encuentran en las zonas áridas, donde existe una cría extensiva de caprinos, la cual se realiza sin manejo de rebaños al libre pastoreo en la vegetación semi-natural. El análisis bromatológico de las especies nativas que más consumen los caprinos indica que la mayoría de estas especies de plantas posee un valor energético y proteínico alto. Se destacan los frutos del cuji (*Prosopis juliflora*), el follaje de la uveda (*Acacia tortuosa*) y del dividive (*Casalpinia coriaria*) (Matteucci y Colma, 1997). Mediante el proyecto «Uso de leguminosas arbustivas y arbóreas como complemento de la alimentación animal» se ha estudiado el uso del follaje del matarazón seco y en harina para cabras lactantes, becerros en el post-destete y vacas de doble propósito (González, 1996). En el estado Monagas, al oriente del país, se ha evaluado la sustitución parcial del alimento concentrado por matarratón en cabras lactantes (Bello, 1996, citado por González, 1996) con resultados positivos (Hernández, 1997).

Me parece que en el texto de la ponencia del Dr. Sánchez el término capacidad fotosintética se está refiriendo a la producción de materia seca. Capacidad fotosintética es el valor máximo de fotosíntesis de una especie bajo condiciones naturales de suministro de CO₂. Esto ocurre en unas condiciones óptimas de factores ambientales (CO₂, temperatura, suministro de agua) y es una característica constitucional de ciertos grupos de plantas (herbáceas, leñosas, plantas con metabolismo C₃, C₄ ó CAM, por ejemplo). Resulta confuso comparar la capacidad fotosintética de un monocultivo con un sistema agroforestal con varios estratos. Las especies que tienen mayor capacidad fotosintética son las herbáceas, con valores de 30 a 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Por otra parte los árboles tropicales de bosque primario presentan valores de 10 a 16 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Larcher, 1995). Cuando se habla de capacidad fotosintética de biomasa se selecciona en el mismo, la especie con mayor capacidad fotosintética. De esta manera Woodward y Smith (1994) dan valores de velocidad máxima de fotosíntesis para distintos ecosistemas, como bosque seco subtropical (17.9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$), bosque tropical muy seco (25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) y bosque tropical seco (17.3 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$). Larcher (1995) da valores de 68, 64, 64,

57, 55 $\mu\text{mol m}^2/\text{s}$ para *Cenchrus ciliaris*, *Pennisetum typhoides*, caña de azúcar, sorgo y maíz respectivamente, las cuales serían las especies cultivadas. Sin embargo la producción de materia seca será mayor en el agrosistema forestal que en el monocultivo y será un sumidero mayor de CO_2 por tener mayor biomasa verde. En el caso de Venezuela, la ganadería se practica principalmente en las sabanas siendo las de *Trachypogon* uno de los ecosistemas mas extendidos. Estas sabanas se encuentran sobre suelos poco fértiles con alto contenidos de aluminio y baja disponibilidad de fósforo. Eso se traduce en una baja productividad primaria y bajo valor nutritivo de los pastos, lo que restringe la ganadería a una forma extensiva. Durante el período seco la acumulación de materia seca disminuye así como la palatabilidad del forraje por lo que se aplica la quema de la vegetación como una forma de manejo. En estas sabanas se ha visto que el suelo que se encuentra bajo los árboles (*Curatella americana*) tiene mayores contenidos de nutrientes que aquel bajo las gramíneas (Susach, 1984). Esto se espera porque: a) el sistema de raíces más extenso de los arboles comparado con el de las hierbas explora volúmenes de suelo más grandes y extrae nutrientes concentrados bajo las copas de los árboles a través de la hojarasca; b) los árboles son usados como perchas por los pájaros y estos enriquecen el area bajo el dosel con nutrientes mediante sus defecaciones; c) los mamíferos grandes pastan en la sabana pero descansan bajo la sombra de los árboles donde depositan nutrientes; y d) los árboles atrapan las entradas de nutrientes por precipitación más eficientemente que las gramíneas (Medina, 1996). La instalación de granjas modelo en sabanas es un tema que me parece interesante tratar en la conferencia debido a la extensión de las mismas en Colombia, Brasil y Venezuela y tambien debido a las complicaciones que ofrecerían por las características nutritivas del suelo y la práctica extendida de la quema.

González, M. 1996. Leguminosas forrajeras en sistemas de producción animal del Nor-orient de Venezuela. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. Clavero T, ed. pag. 115-134.

Hernández, D.G. 1997. Estrategias de manejo de los pastizales en sabanas como alternativas para el desarrollo de una agricultura sostenible en el neotrópico. Seminario. Universidad Simon Bolivar. Caracas.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology. Third edition. Germany. Springer.

Matteucci, S.D. y Colma, A. 1997. Agricultura sostenible y ecosistemas áridos y semiáridos de Venezuela. Interciencia 22(3):123-130.

- Medina, E. 1996. Biodiversity and nutrient relations in savanna ecosystems: interactions between primary producers, soil microorganisms, and soils. In: Biodiversity and Savanna Ecosystems Processes. Solbrig O, Silva J, Medina E (eds). Ecological Studies #121. Springer. Germany. Chapter 3:45-57.
- Susach, F. 1984. Caracterización ecológica de las sabanas de un sector de los Llanos bajos de Venezuela. Tesis doctoral. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Ciencias, Caracas.
- Woodward, F.I & Smith, T.M. 1994. Predictions and measurements of the maximum photosynthetic rate, Amax, at the global scale. En: Ecophysiology of Photosynthesis. Schulze, E-D & Caldwell, M.M. (eds.). Ecological Studies # 100, Springer, Germany. Chapter 23:491-509

César Labrador

Con relaciónal planteamiento de Manuel Sánchez sobre los sistemas extensivos de ganadería tropical: Me parece que el se olvida de las grandes extensiones de sabana presentes en Venezuela, Colombia y Brasil, en donde se lleva a cabo una actividad de ganadería bovina, tradicionalmente con vacunos y más recientemente con búfalos; en la cual se aprovecha las condiciones agroecológicas de un medio que no permite otra actividad agrícola y que produce una gran cantidad de animales para el levante y la ceba en otras regiones de mejores condiciones agroecológicas. La forma de organización social de la producción mediante el hato y el fundo ha permitido generar una forma de vida, la del llanero, que tiene no solo expresiones económicas sino también sociales y culturales. Por lo menos, en Venezuela, esta ganadería es fundamental para los sistemas de levante y ceba que se llevan a cabo en la región central y costera del país, con lo cual se abastece en una gran proporción la demanda de carne bovina nacional. Aparte de los sistemas descritos, podemos indicar otros como el pastoreo de ovinos en campos de café en zonas montañosas, y en campos de merey (marañón) en las sabanas del oriente venezolano. También, un sistema muy frecuente en los llanos centrales es la combinación de ganadería vacuna en pastos naturales y cultivados, residuos de cosecha de cereales y bosque semidecidual, en donde los animales se rotan a lo largo del año de acuerdo a las condiciones climáticas y la oferta alimenticia de cada zona. Felicitaciones a Manuel por el excelente trabajo y a todos

Danilo Pezo Quevedo

«Ni tan cerca que queme al santo, ni tan lejos que no lo alumbre»

Permítanme comenzar este comentario con el dicho castellano que utilizo como título, porque creo es pertinente recordarlo cuando hablamos de mejoras potenciales en los sistemas de producción animal en el trópico. Quienes participamos de esta Conferencia Electrónica creo estamos convencidos de la necesidad de un cambio en nuestros sistemas ganaderos tradicionales, los mismos que deben evolucionar de la extensividad a la intensificación, del uso no racional de la base de recursos naturales al uso sostenible de los mismos, y de su «sobrevivencia» en condiciones de políticas proteccionistas (p.e. subsidios, control de precios) hacia una verdadera competitividad en la nueva etapa de globalización de los mercados. Quizás donde se presente diversidad de opiniones entre los participantes, es en lo referente a las estrategias a utilizar para alcanzar esos objetivos. En el primer artículo se hace referencia a una opinión del Dr. Preston, quien dice: «... es claro que las mejoras no hay que buscarlas mirando hacia abajo (buscando pastos y leguminosas rastreras), sino hacia arriba (buscando árboles y arbustos forrajeros)». No dudo que las leñosas perennes en general (no solo las forrajeras) deben jugar un papel preponderante en esos cambios (y probablemente este será el tema de la mayoría de contribuciones en la conferencia), pero no podemos ignorar la necesidad y la potencialidad de efectuar también mejoras en los componentes herbáceos. Es más, las diferentes opciones de sistemas silvopastoriles y agroforestales descritas por el Dr. Sánchez incluyen componentes herbáceos, y no imagino que podamos hablar de eficiencia biológica y económica en dichos sistemas, si los mismos incluyen componentes herbáceos degradados y poco productivos.

Manuel Sánchez:**Respuesta a los comentarios de Danilo Pezo**

Sobre la investigación del estrato herbáceo. Estoy de acuerdo que no se debe abandonar la búsqueda de mejoras para el estrato herbáceo que es componente esencial de muchos sistemas silvopastoriles hasta ahora. De hecho el caso de cultivos de coberturas para pastoreo en cítricos (e.g. con ovinos) el desarrollo de un estrato herbáceo que sea atractivo desde los puntos de vista palatabilidad y valor nutritivo, es indispensable, para que

con otras técnicas de control de pastoreo se reduzca o elimine el daño al follaje de los árboles. Lo importante es hacer una investigación balanceada donde todos los componentes reciban su peso correspondiente a sus contribuciones al sistema. Desafortunadamente hasta ahora ha habido una excesiva investigación en pastos, descuidando los árboles y arbustos. Es cierto también que tal vez los criterios que se han utilizado en la investigación en pastos deban modificarse a los requerimientos de los sistemas silvopastoriles. Y que las leguminosas herbáceas y los pastos ideales no sean las mismas que en las praderas artificiales, dependientes en muchos casos de altas fertilizaciones químicas.

Reeducación de técnicos

Este tema tan importante ya ha sido mencionado en comentarios anteriores, y sinceramente creo que debemos tratarlo, sugiero que sea al final de la conferencia, discutir ampliamente sobre las estrategias para abordarlo. Me permito pregunta a los participantes de la conferencia, si habría alguno que quisiera preparar un artículo corto sobre experiencias para la educación formal (académica) y práctica sobre los sistemas silvopastoriles o agroforestales en general. Este artículo podría resumir los diversos comentarios que se vayan haciendo, y ser complementado con experiencias concretas (eg. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica).

Omar Daniel:

El artículo de Manuel Sánchez es muy interesante y muy didáctico. De la misma forma que el, pienso que los sistemas agroforestales representan alternativas viables para sustituir los sistemas insostenibles de crianza extensiva con monocultivos de gramíneas. Sin embargo, una de las grandes limitaciones en Brasil, para la investigación y adopción de tales sistemas, es la falta de recursos para investigación, en especial en las sabanas centrales de Brasil, de tal forma que se puedan establecer áreas demostrativas, en las cuales se puedan mostrar la viabilidad y ventajas sociales y económicas del sistema. Otra limitación, es que los fondos de organismos nacionales e internacionales para investigación son dirigidos en general, hacia la región amazónica. Lo poco que se realiza en sistemas agroforestales en otras regiones del país es debido al esfuerzo propio de las universidades y a la iniciativa privada, por lo puede decirse que el

avance de los sistemas agroforestales en Brasil es bastante lento. Se ha demostrado que la misma institución nacional EMBRAPA, la cual centraliza la investigación agropecuaria en el país, no ha hecho casi nada en este tema por fuera de la Amazonia, con excepción algunos aportes en la región sur a través del CNPF en Curitiba. Otra limitación es que la investigación se centra en producir tecnología para pequeños productores, sin embargo es posible avanzar también con grandes productores que son tan comunes en Brasil. Yo pienso que es posible producir tecnologías agroforestales para grandes propiedades, las cuales puedan ser aplicadas con los mismos beneficios que cita la literatura y que comenta Manuel Sánchez. En el Brasil, donde la ganadería de cría es extensiva y significativa, por parte de los grandes productores, existe la necesidad de estudiar sistemas agroforestales alternativos que puedan atender sus necesidades, considerando las grandes extensiones de tierra. Un problema es que los modelos actuales que tienen que ver con sistemas agroforestales incluyen especies animales que están más relacionadas con pequeñas propiedades donde la mano de obra es familiar. Además existe otra limitación y es que el número de especialistas en sistemas agroforestales es todavía pequeño considerando las potencialidades y necesidades de estos sistemas. Son pocas las instituciones de enseñanza que se dedican a esta formación específica. En muchos casos, los cursos donde se forman los actuales especialistas en esta área, se concentran en Silvicultura y Zootecnia. En otros, como es el caso importante del CATIE, los cursos de posgrado, dependiendo del nivel, poseen algunos requisitos que no pueden satisfacer muchas de las personas interesadas, especialmente de América Latina. Estos requisitos, tales como costos y lenguaje, impiden a quienes no tienen condiciones, atender estos cursos.

Sistemas Agroforestales Existentes

Actualmente, el sistema agroforestal agropecuario más común e importante del Brasil, creo que es el sistema que combina Eucalipto + agricultura (arroz, sorgo) + gramíneas (brachiaria) + bovinos, que es utilizado por las empresas forestales para reducir los costos de siembra de bosques, controlar las plantas invasoras y hacer demostraciones de un ambiente ecológicamente más correcto que los monocultivos forestales. Esto es muy importante debido a las grandes áreas de manejo y a su relación con los beneficios ecológicos y sociales, ya que parece estar

comprobado que los beneficios económicos existen en tal sistema. Otro sistema agroforestal pecuario, es el sistema de sombra para el ganado que se hace con base en las observaciones empíricas por parte de los productores de las regiones centro occidental, sur oeste, y sur de Brasil. Mientras que para los sistemas citados arriba, ha habido un progreso en el número de investigaciones, no hay casi nada en éste sistema. También se observa en el nordeste brasileño, la crianza extensiva de ganados bovino y caprino en la «caatinga», donde la alimentación es de baja calidad con los consecuentes bajos rendimientos. Se está desarrollando investigación para mejorar este sistema.

Potencial de desarrollo y adopción, y sus limitaciones más importantes

Yo no veo grandes problemas en la adopción de los sistemas agroforestales. Como expresé anteriormente en las limitaciones, quizás el problema de adopción en Brasil es la falta de áreas demostrativas, las cuales podrían existir sólo si tienen los recursos humanos y financieros, destinados especialmente donde se cría más ganado, en la región central del país. De la misma forma, quiero dar mi opinión acerca de las potencialidades de los sistemas agroforestales, siguiendo el orden hecho por Manuel Sánchez, en este primer artículo:

Yo creo que en Brasil, el potencial de pastoreo en bosques naturales no es grande, en virtud de la baja calidad nutritiva de las plantas forrajeras en estas condiciones. Excepto en el Pantanal del Mato Grosso y Mato Grosso del Sur, donde por décadas los productores han criado animales a pesar de las dificultades de utilizar mucho tiempo en el corte, tener menos de una cabeza de ganado por ha, y sufrir pérdidas permanentes por las inundaciones periódicas.

El pastoreo en plantaciones forestales para la producción de madera, tiene gran potencial, como se comenta anteriormente. Es importante un mayor número de investigaciones y trabajos de extensión, con el fin de convencer a las empresas forestales de las ventajas de estos sistemas. Además de los resultados positivos, desde el punto de vista económico, yo no veo grandes resultados ambientales y sociales.

El pastoreo en plantaciones de árboles para propósitos industriales, no es muy común en Brasil, a pesar de esto, existen algunos ejemplos en plantaciones de caucho (*Hevea* sp.) y castañas (*Bertholetia* sp.). Yo creo, sin embargo, que el potencial de este sistema necesita investigarse mejor, para definir las especies, la carga y el manejo animal.

Pasturas con árboles o arbustos forrajeros tienen un gran potencial en Brasil. Pero, como dije en los casos anteriores, existe la necesidad de investigación y de áreas demostrativas para convencer a los productores de las ventajas del sistema. Yo creo que el sistema sería más fácilmente aceptado ya que los resultados serían más visibles, desde el punto de vista de la productividad animal, ya sea carne o leche.

También veo con buenos ojos el sistema integrado para la producción de carne y/o leche con árboles forrajeros o multipropósito para corte. Me imagino que los productores estarían más interesados en ver una mejora en la producción animal, y ser capaces, al mismo tiempo, de obtener una ganancia extra con el corte de madera para la venta o para usarla en construcciones agrícolas. Este sistema tendría especial interés en las zonas de sabanas de Brasil, en las cuales en este momento, la madera utilizada para propósitos agropecuarios es escasa, en virtud del sistema predatorio de ocupación de la tierra, alentado por el gobierno en los años pasados y que todavía ocurre.

Los sistemas especializados para la producción animal intensiva, en Brasil, son aceptados rápidamente por los pequeños propietarios, con el propósito de producir leche, ya sea con caprinos o bovinos. En una pequeña extensión de tierra, es posible tener animales altamente productivos. Para esto, una vez más, necesitamos áreas demostrativas, recursos financieros para establecer los sistemas y especialmente para financiar animales de alto rendimiento.

Temas que deberían tratarse con mayor profundidad

Mis sugerencias son las siguientes:

- Las posibilidades de financiar investigación, áreas demostrativas, animales de alta calidad etc. no en las áreas tradicionales. Ej. Inversiones por fuera de la región Amazónica, en el caso de América Latina.
- Siempre existe una área de controversia en sistemas agroforestales con animales y es la posibilidad de la compactación del suelo. Por esto sería importante comparar la producción actual con los sistemas agroforestales.
- Discutir los sistemas agroforestales con animales, desde el concepto de sostenibilidad.

- Discutir los sistemas agroforestales con animales, desde el ámbito de su impacto medio ambiental.

Salvador Hernández

Aunque mi mensaje pudiera sugerir lo contrario, me declaro entusiasta de los sistemas silvopastoriles, sobre todo comparados con la situación actual de la ganadería en América tropical. Mis comentarios relacionados con el artículo de Manuel Sánchez son:

- Sección I, Párrafo 1: Coincido en que mucho del origen de la tecnología tradicional para la crianza de ganado está ligado al legado colonial y a la formación académica que recibimos (yo estudié Zootecnia en Chapingo, México), sin embargo, creo que para los que están en el campo, hay inercias mayores a vencer en el ámbito del mercado: la propaganda de las casas que comercializan insumos y la demanda, que no paga calidad, ni consume animales finalizados, sino desechos, becerros destetos y animales flacos, para su ceba en corral.
- Párrafo 3 y 4: Cuando se refiere a capacidad fotosintética, habría que analizar más a fondo a que se refiere, pues la mayor parte de la biomasa que se pierde al desaparecer los bosques está en porciones que no fotosintetizan. Por otro lado, las pasturas mejoradas pueden alcanzar altas tasas fotosintéticas, además, compiten bien contra malezas y soportan suelos pobres. La lucha contra la regeneración natural (costos en mano de obra o agroquímicos) puede prácticamente eliminarse con pastos genéticamente superiores. Diseñar sistemas silvopastoriles con pastos mejorados abre las puertas hacia el incremento de la productividad de la tierra y por lo tanto hacia la preservación de las áreas de bosque aledañas a las zonas de pastoreo.
- Párrafo 5: La productividad primaria de las praderas artificiales es superior a la de los bosques maduros, la cual es muy baja en su etapa de clímax. Sin embargo coincido en que los costos ambientales y económicos de la producción en praderas tropicales es hoy día insostenible, sobre todo en praderas mejoradas. Por otro lado, aseverar que las mejoras en la producción animal tropical no hay que buscarlas en las leguminosas rastreras sino en las leñosas perennes es

un tanto injusto con la investigación que se ha desarrollado en abonos verdes, por años, en Australia, Brasil, etc.

- Párrafo 6. No está demostrado que la agroforestería ofrezca una alternativa sostenible. En el fondo el problema es que la mayoría de los agroforestales aseguran que esta funciona y hacen que las instituciones nacionales y ONG's las asimilen sin posibilidades reales de evaluarlas localmente.
- Sección II, Párrafo 1. No basta con algunos árboles para tener agroforestería, la presencia de estos debe tener algún efecto biológico significativo en el sistema.
- Sección III, Párrafo 6. Es importante lo que se menciona ya que las gramíneas mejoradas representan una fuerte limitante para los árboles en la pradera. El sistema radicular del pasto pueden ser más profundo y más denso (kg/m^2) que el de los árboles. Sin embargo, una densidad de plantación alta ($>1,000$ arboles/ha) podría eventualmente controlar el desarrollo del pasto (por luz) y llegar al equilibrio. Un modelo matemático podría ayudar a encontrar la densidad de plantación adecuada para obtener un nivel de biomasa (abono verde) e intercepción de radiación solar adecuada para el pasto bajo estudio.
- Sección IV, Párrafo 2. Con relación a mi párrafo anterior, es deseable aprovechar la capacidad fotosintética del piso superior, siempre que no se reduzca la producción del piso inferior.
- Párrafo 4 (Estrato arbóreo). Hay una idea generalizada de que los árboles exploran estratos del suelo que los cultivos herbáceos no pueden alcanzar. Esto no tiene porque ser siempre así y particularmente en praderas de pastos mejorados con árboles plantados para forraje/abono verde y pudiera no ser así también en el caso de árboles mas grandes. Si pensamos en un ambiente tropical húmedo, el principal motivo para explorar más hondo debiera ser el reciclar los nutrientes **salidos del sistema** por lixiviación. No esperamos mucha actividad microbiana (mineralización de la materia orgánica) más allá de 30cm. De los dos preceptos anteriores, tenemos que la función de los arboles se reduce a la de «secuestrar» nutrientes que después serán liberados de acuerdo a la conveniencia del productor y la eventual fijación de nitrógeno (que también puede no darse), aparte, claro, de la lista de cualidades que todos

conocemos (sombra, frutos, microclima, leña, etc.) pero que también está por demostrarse. Dicho de otra forma, los árboles podrían estar compitiendo con el cultivo de pasto más que complementándolo. El reto es encontrar en menor nivel de competencia a un nivel más rentable que la tecnología tradicional.

- Párrafo 8 . Variar no significa normalmente balancear, pero estoy de acuerdo en tener encuentra diversas estrategias a lo largo del año. Lo que valdría la pena discutir un poco es si debemos dejar al animal «variar» (la composición de su dieta) por sí mismo... respondiendo a estímulos metabólicos», creo que su metabolismo no lo llevará a engordar al ritmo que el productor desearía.
- Párrafo 9. Los árboles también pueden ser fuente de cumarinas, taninos, varios alcaloides, etc.
- Párrafo 11. Yo me preguntaría si la extracción de nutrientes del subsuelo es algo que los sistemas agroforestales garantizan y en ultima instancia, si es sostenible. También me pregunto si el aumento de la biodiversidad animal es deseable (roedores, hormigas, murciélagos, lepidópteros).

En general, creo que hace falta definir el enfoque del trabajo agroforestal en la producción de rumiantes, el cual puede variar entre sistemas, regiones y/o proyectos. Una lista incompleta de posibles objetivos no excluyentes, pero no del todo compatibles podría incluir:

- Mantener la productividad del suelo;
- Mejorar los ingresos de los pequeños productores;
- Mejorar el sistema de producción con una mayor superficie en la región (quizás pocas fincas pero muy grandes);
- Satisfacer la demanda de alimentos proteínicos de la población regional, nacional, mundial,
- Recuperar áreas de bosques (selvas) secundarios,
- Proteger el ambiente global (captura de carbono, preservar biodiversidad, producir más oxígeno!).

Es alentador que las autoridades mundiales en el ámbito del financiamiento y la planeación del desarrollo incorporen en su discurso y en su ejercicio los preceptos de biodiversidad y sostenibilidad y que reconozcan los errores del pasado (adaptación incompleta de modelos de climas templados, revolución verde). Sin embargo, debido a que su poder de convocatoria y su potencial financiero son de escala mundial, es

fundamental que hagan explícito su apoyo a los esfuerzos por pasar de una ecología política hacia el uso del método científico para demostrar la factibilidad de los sistemas silvopastoriles.

Manuel Sánchez

Respuesta a los comentarios de Salvador Hernández

La inercia del imperialismo tecnológico y comercial es mucho más grave en el caso de monogástricos, donde se tienen muy serios problemas en aceptar o considerar modelos alternativos al confinamiento y a las dietas de granos-tortas de oleaginosas. Creo que en el caso de la producción de leche y de carne, que en sistemas extensivos a base a pastos ya ha llegado a un límite que parece insuperable y en intensivos depende directamente de la fertilización nitrogenada, se tienen más posibilidades de introducir sistemas silvopastoriles. En relación a las funciones y competencia entre árboles y pastos me gustaría pedir la opinión de los forestales que participen en esta conferencia y de los colegas cubanos y colombianos que presentarán trabajos en la misma. También me gustaría que opinaran sobre el incremento de la biodiversidad animal (insectos, aves, etc.) que se promueven con los mismos. Un posible objetivo del trabajo agroforestal que se menciona entre otros, pero que no comparto, es «el de mejorar el sistema de producción con una mayor superficie en la región (pocas fincas pero muy grandes)». La historia nos ha demostrado que mucha tierra en pocas manos es injusto cuando hay pobladores desocupados y pobres en la zona. Una de las ventajas de los sistemas silvopastoriles y agroforestales en general, es que pueden crear empleos y promover en desarrollo rural. Me parece que es claro que al haber más recursos vegetales y animales, se requiere, en forma general, más recursos humanos para manejarlos. Los sistemas de la revolución verde han desplazado precisamente al hombre por productos derivados de los combustibles fósiles (maquinaria, fertilizantes, agroquímicos, etc).

Omar Daniel

Comentario sobre la intervención de Salvador Hernández

Salvador pone en duda la siguiente afirmación: «Una de las ventajas de los sistemas ... agroforestales ... es que pueden crear empleos y promover el desarrollo rural». .. «se requiere de más recursos humanos para manejarlos». Yo pienso como Manuel Sánchez y muchos otros autores. Lo que ocurre es que esta es una ventaja, a mi modo de ver, que solo es importante en determinadas condiciones que deben ser observadas por

los planeadores y extensionistas agroforestales o agrícolas (que tal vez Manuel Sánchez no ha tenido oportunidad de citar). 'Así mismo, los sistemas agroforestales que presentan necesidades de mucha mano de obra, solo deben implementarse:

- En áreas o regiones donde haya problemas como éxodo rural en función de la falta de trabajo, en la zona rural.
- En áreas o regiones donde haya mano de obra disponible, y que su ocupación sea fluctuante, causando problemas sociales como por ejemplo entre periodos de cosechas.
- En propiedades donde la mano de obra familiar es abundante.
- En situaciones donde haya realmente mercado para los productos diversificados que se produzcan en los sistemas agroforestales, retornando recursos financieros a los productores, para que puedan inclusive mantener su mano de obra.

Sobre estas condiciones, no se ha qué se refiere con el uso intensivo de mano de obra; los sistemas agroforestales son positivos y realmente contribuyen al desarrollo rural. Está claro que los sistemas agroforestales, desde el punto de vista de mano de obra, no siempre tendrán ventajas. Su aplicación es altamente dependiente de un diagnóstico y una planeación para que se puedan evitar los aspectos negativos, resaltando los positivos. Ninguna tecnología agropecuaria tiene solamente aspectos positivos.

Thomas Preston

Con respecto a la intervención de Salvador Hernández

Parece que hay dos factores que no se han tomado en cuenta:

- Eficiencia de fotosíntesis: Si la palma azucarera (*Borassus flabellifer*) es capaz de producir hasta 120 kg/árbol/año (periodo de cosecha de 5 meses) equivalente a alrededor de 20 toneladas de azúcares/ha/año (Knieu Borin y Preston 1995) y la palma de sago hasta 16 toneladas de almidón/ha/año (Doelle 1998) la eficiencia fotosintética tiene que ser alta en estos árboles, aun más alta que la gramínea más eficiente, la caña de azúcar. La pregunta es ¿Qué efecto tiene sobre la eficiencia fotosintética, el extraer los productos primarios de la fotosíntesis diariamente, que es lo que ocurre con el sistema de cosecha de la palma azucarera?

- En gran parte, los comentarios se refieren a los animales rumiantes. Sin embargo, el gran desafío es producir carbohidratos solubles para animales monogástricos que son más apropiados para productores de escasos recursos. Las gramíneas nunca resolverán esta demanda.

Khieu Borin & Preston, T.R. 1995 Conserving biodiversity and the environment and improving the wellbeing of poor farmers in Cambodia by promoting pig feeding systems using the juice of the sugar palm tree (*Borassus flabellifer*). Livestock Research for Rural Development (7) 2:25-30.

Doelle, H.W. 1998 Socio-economic microbial process strategies for a sustainable development using environmentally clean technologies: Sagopalm a renewable resource. Livestock Research for Rural Development (10) 1: (html format; no page numbers).

Salvador Hernández

Con respecto a las intervenciones de T. Preston y M. Sánchez

Respecto a la eficiencia fotosintética: Prometo leer su artículo antes de continuar la discusión. Respecto al segundo punto, coincido en que los monogástricos son más adecuados que los rumiantes mayores y que hay que trabajar mucho en ellos, pero no hay que olvidar los excelentes resultados con cabras lecheras (J. Benavides en CATIE; ICTA en Guatemala). Sin embargo, en el fondo de todo, como lo sugerí en mi intervención anterior, el caso no es lo que Ud. o yo pensemos que es más adecuado, sino lo que actualmente existe en las pequeñas (y grandes) fincas de nuestros países... Y lo que hay -entre otras cosas- son vacas. Mi experiencia es que resulta más conveniente mejorar los sistemas que los productores tienen (y quieren), que convencer a los productores de cambiar de ganadería bovina a cerdos, aves, cabras, venados, etc. Por supuesto que en la medida en que localmente se demuestre la factibilidad (económica y ecológica) de sistemas con especies menores, poco a poco se debe dar el tránsito. Lo que no se puede hacer es abandonar a los ganaderos (chicos o grandes) por insostenibles o por ricos o por que son los «enemigos» («La historia nos ha demostrado que mucha tierra en pocas manos es injusto...» Manuel Sánchez). En cuanto al punto de la mano de obra (en la amable respuesta de M. Sánchez a mi mensaje), se propone que «Una de las ventajas de los sistemas ... agroforestales ... es que pueden crear empleos y promover el desarrollo rural». ... «se requiere (de) más recursos humanos para manejarlos». Otra vez, me pregunto si esto es una ventaja o una desventaja. A nivel de pequeñas

fincas, una nueva tecnología que implica más mano de obra no es, en principio, bienvenida; aun si esta es más rentable, más eficiente, más sostenible o si ofrece mayor diversidad de productos que la tradicional. Yo más bien diría que este es uno de los pecados originales de la agroforestería (con sus honrosas excepciones).

Elizabeth Olivares

Con respecto a las intervenciones de Thomas Preston

Aunque una palma azucarera sea más eficiente que una caña de azúcar, desde el punto de vista agronómico y por ende social, no lo es desde el punto de vista fotosintético. Aunque los carbohidratos son el producto de la fotosíntesis, estos pueden tomar diversos caminos, tales como ser respirados, utilizados en crecimiento, servir de esqueletos carbonados de otros compuestos bioquímicos, en fin pueden ser trasladados y utilizados dentro de la planta, sin ser almacenados y aprovechables por nosotros. Ocurriría como en aquellas personas capaces y eficientes pero que contribuyen poco a la sociedad por utilizar sus recursos genéticos solo para ellas. De hecho hay malezas muy capaces y eficientes fotosintéticamente, pero que no tienen un almacenaje utilizable de azúcares por nuestra parte. Me parece que utilizar la palabra fotosíntesis aquí está ocasionando confusiones y en este caso sería mejor utilizar la palabra almacenaje de carbohidratos no estructurales, en vez de eficiencia fotosintética. Los fisiólogos vegetales protestamos si alguien no nos da la razón en decir que las plantas más capaces y eficientes **fotosintéticamente** son las plantas con metabolismo C_4 (todas herbáceas, ningún árbol). La caña de azúcar y el maíz son ejemplos de plantas C_4 . Hablamos de capacidad fotosintética, refiriéndonos a un máximo de incorporación de CO_2 en unas condiciones óptimas y hablamos de eficiencia fotosintética, refiriéndonos a una producción de energía química a partir de unos recursos lumínicos, es decir producción de oxígeno por quantum o fotones de luz. La mayor capacidad y eficiencia fotosintética de las C_4 se debe a un mecanismo concentrador de CO_2 en las inmediaciones de la enzima carboxilante, la cual además de aceptar dióxido de carbono, acepta oxígeno (fotorespiración). En la competencia del CO_2 y el O_2 , gana el CO_2 en las C_4 por su mayor concentración y la eficiencia de carboxilación en esas herbáceas C_4 es mayor que en los

árboles (C₃), en los que la concentración de CO₂ disponible para la enzima es la baja concentración atmosférica.

Comentarios a la intervención de Salvador Hernández

Salvador Hernández escribe en su comentario con respecto a la sección III, párrafo 6 de la conferencia de Manuel Sánchez: .. «El sistema radicular del pasto puede ser más profundo y más denso (kg/m²) que el de los árboles»... Los sistemas densos de raíces en los primeros 30 cm de suelo en pastos son comunes, pero no conozco casos de sistemas de raíces más profundas que las de los árboles y me gustaría conocer algún ejemplo concreto en pastos. En general y con respecto a otros comentarios: Hay diversos trabajos que muestran que el suelo mejora en presencia de árboles. Por ejemplo Belsky *et al* (1993) observaron un incremento en el contenido de nitrógeno del suelo y en la biomasa microbiana. Guerere (1992) encontró que la biomasa microbiana incrementó en un gradiente desde la sabana hasta el bosque caducifolio y esto se correlacionó con la humedad del suelo. Kellman (1979) observó cambios favorables en el contenido de cationes en áreas bajo el dosel de árboles.

Belsky, A.J., Mwonga, S.M., Amundson, R.G., Duxbury, J.M. & Ali, A.R. (1993).

Comparative effects of isolated trees on their undercanopy environments in high- and low-rainfall savannas. *Journal Appl. Ecology* 30:143-55.

Guerere, I. (1992). Comparación de parámetros químicos, físicos y de la masa microbiana del suelo entre una sabana protegida del suelo y una quemada anualmente. Tesis de Licenciatura en la Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Kellman, M. (1979). Soil enrichment by neotropical savanna trees. *Journal of Ecology* 67: 565-77.

Daniel Grande

En México se tienen algunos estudios, particularmente para la región tropical, en donde se presentan datos o análisis sobre el impacto biológico y socioeconómico de la implantación de sistemas de producción animal con base en pastos cultivados en sustitución de la selva, proceso que se dio de manera importante en la zona tropical de México hacia finales de la década de los sesentas y durante los setentas. Por mencionar algunos de ellos, se pueden anotar los casos de los Planes de Desarrollo llamados el «Plan Chontalpa» y el «Plan Balancan-Tenosique», los cuales se reconoce, tuvieron un fuerte impacto en los

aspectos ya anotados y lo cual está mas o menos documentado. En relación a los sistemas agroforestales pecuarios desarrollados en México, se puede mencionar que una importante actividad ganadera con manejo silvopastoril se practica en las zonas áridas y semi-áridas del norte, aunque también se presentan en otras regiones ecológicas de importancia como el trópico húmedo y seco (sur y sureste) y en la región templada (región central de México y zonas montañosas). En el caso específico de las zonas áridas y semi-áridas (las cuales representan alrededor del 50% de la superficie nacional), los más importantes tipos vegetativos involucrados en la producción animal son los pastizales (varios de ellos con predominio de gramíneas nativas de diversos géneros como *Bouteloua*, *Hilaria*, *Sporobolus* y otras), pero existen otros en los que las gramíneas forrajeras están asociadas con herbáceas no gramíneas, y en muchos casos, con arbustos y árboles (por ejemplo los tipos vegetativos conocidos como «matorrales», de los cuales hay diversos tipos, Pastizal halófito arbosufrutescente, Pastizal amacollado arbofrutescente y otros), y que son los que interesan para los objetivos de esta Conferencia. Llama la atención el relativo poco interés que se da a estos sistemas de producción, a pesar de la gran extensión que ocupan y a la gran importancia económica, social y recientemente ecológica que tienen debido a la sobre-utilización de los recursos forrajeros. Respecto a los problemas o limitaciones, para el caso de las mismas zonas áridas y semi-áridas, igual que para otras de las mencionadas, uno de los principales problemas al que se enfrentan actualmente los sistemas de producción animal es el sobrepastoreo, el cual tiene un impacto directo en la conservación de los recursos forrajeros (tanto de herbáceas como de leñosas), y está provocando la desaparición de las mejores especies para consumo animal. Lo anterior significa que no basta con desarrollar o implantar un manejo silvopastoril para la producción animal, como el que se está dando en dichas zonas, sino que además se requiere, aun bajo un esquema de producción en el que se involucren leñosas, de un manejo adecuado de los recursos forrajeros. Esto es particularmente importante, pues muchos de nosotros, especialmente quienes estamos involucrados en la docencia, podemos hacer creer o promover entre nuestros alumnos, que por el solo hecho de utilizar leñosas para la alimentación animal en los sistemas, ya tenemos un sistema productivo «más eficiente» o «más ecológico», pero con el comentario previo, es importante enfatizar en el

manejo apropiado de los recursos, independientemente de que en los sistemas se involucren leñosas. Finalmente, en relación a los temas o aspectos sobre los sistemas agroforestales para la producción animal, que deberían tratarse con mayor profundidad en esta Conferencia, pienso (y me imagino así será) que durante el evento, además de la región tropical, el cual es precisamente el primer tema desarrollado, se deberá tratar sobre los sistemas agroforestales para la producción animal de otras regiones ecológicas importantes, particularmente las zonas áridas y semi-áridas, así como en la región templada de América Latina (zonas altas o montañosas).

Antonio J. González-Fernández

Saludos cordiales desde los llanos de Venezuela a todos los organizadores y participantes en este interesante Foro sobre Sistemas Silvopastoriles. La ponencia del Dr. Manuel Sánchez me parece excelente como introducción al foro. Estoy totalmente de acuerdo en sus apreciaciones y me parece muy importante la última parte donde se refiere a la necesidad de introducir, con carácter urgente, la formación sobre los sistemas silvopastoriles en los pensum de estudio de los profesionales y técnicos del agro. En nuestra Universidad, específicamente en los programas de Ingeniería de Producción animal e Ingeniería de Recursos Naturales Renovables, desde hace unos tres años hemos estado introduciendo el concepto de **sistemas integrados de bioproducción**, definiéndolos como «aquellos en los cuales se producen múltiples rubros vegetales y animales, mediante el manejo racional de especies domésticas y silvestres; fomentando el reciclaje de nutrientes y los flujos de energía entre los diferentes subsistemas productivos y entre éstos con el sistema natural; en búsqueda permanente de que la producción total pueda ser mantenida a largo plazo sin incrementar la dependencia de insumos foráneos; generando beneficios económicos, sociales y ambientales». Fue difícil introducir esta nueva «filosofía de la producción rural» en la formación universitaria y todavía falta mucho por avanzar en ese camino, sin embargo, en nuestro caso las puertas comenzaron a abrirse cuando la Granja Integral Sostenible «CENDI-GRANJA» (fundada dentro de la Universidad) empezó a demostrar que sí es posible. Eso evidenció la imperiosa necesidad de establecer modelos reales, prácticos y exitosos de los sistemas que queremos

promover. Los agricultores y ganaderos de hoy, son criados bajo sistemas de monocultivo y mal acostumbrados a ellos a través de las políticas gubernamentales erradas. Los profesionales del agro que también fuimos formados para «monoproductores». Los funcionarios del gobierno y los políticos de profesión/ocupación que no saben otra cosa que copiar modelos. A todos ellos será difícil convencerlos sobre la conveniencia y la obligatoria necesidad de cambiar el modelo de desarrollo rural actual, si no se les presenta un modelo físico en funcionamiento. A manera de ejemplo: En Diciembre de 1995, la CENDI-GRANJA recibió la visita de los dos candidatos a Gobernador del Estado. Ambos quedaron bien impresionados y se comprometieron a promover ese tipo de granjas en todo el Estado. Hoy en día, en nuestro Estado Portuguesa está desarrollándose el Programa Estatal de Granjas Integrales Sostenibles (PROGIS) bajo la Asesoría del Profesor Adolfo Cardozo de UNELLEZ, a quien se deben los esfuerzos por fundar, mantener y divulgar la CENDI-GRANJA. Esta Granja, ubicada en el campus de la UNELLEZ, ha tenido un grandísimo impacto en la formación de los profesionales, como laboratorio de experimentación y facilitadora de los procesos de enseñanza/aprendizaje sobre tecnologías que de otra manera no conocerían los estudiantes porque no están incluidas aún en el Pensum de estudios. Muchos de los profesionales que están egresando ahora de la UNELLEZ en las áreas de la producción animal y el manejo de recursos naturales renovables han conocido y trabajado en la Granja Integral Sostenible de CENDI y al salir al mercado de trabajo van cargados de inquietudes y de iniciativas que aplican con éxito en sus sitios de empleo. Con estos comentarios sólo quiero suministrar un punto de apoyo a la posición del Dr. Sánchez sobre la necesidad de los modelos físicos. Sirva también como estímulo a personas e instituciones que están trabajando por promover estos sistemas para que inicien cuanto antes sus propios modelos, no importa que sea a pequeña escala, lo importante es darlos a conocer. La CENDI-GRANJA tiene solamente 0.65 hectáreas y allí se han producido más de 80 rubros diferentes. Uno de sus rubros más importantes que produce son los visitantes satisfechos y agricultores «reformados». Los visitantes tienen que hacer reservaciones y esperar turno para poder ser atendidos, porque la demanda por visitar y conocer la granja es muy alta. De todo el país han ido personas a visitar la CENDI-GRANJA: estudiantes,

productores, profesionales, políticos, campesinos, empresarios, etc. Cada visitante deja alguna enseñanza y se lleva algún aprendizaje. Con relación a la formación de los profesionales universitarios, creo que ya es difícil quitarle el enfoque de especialista a los Ingenieros Agrónomos, Médicos Veterinarios, Zootecnistas o Ingenieros de Producción animal. La ciencia ha avanzado muchísimo en cada una de las especialidades (nutrición animal, sanidad animal, fitopatología, genética, reproducción, etc.) y creo que no se debe mermar demasiado la profundidad de formación en estas ciencias para introducir la formación que hace falta sobre los sistemas diversificados o «sistemas integrales de bioproducción» como los llamamos nosotros. Estoy seguro de que se pueden mejorar muchísimo los pensum de estudios de esos profesionales, pero creo que de todas maneras siempre hará falta el profesional con la visión integral de todo lo que representa el desarrollo rural. Por eso, desde hace algunos meses, he estado trabajando en la estructuración del pensum de estudios para una nueva carrera: **Ingeniería del Desarrollo Rural**. No se si esta idea llegue a feliz término porque nuestro Ministerio de Educación está renuente a abrir nuevas carreras universitarias. Sin embargo, convencido de su necesidad, lucharemos por llevarla a la realidad en mediano plazo. Tengo algo adelantado ese Pensum y si algún participante del Foro está interesado en conocerlo, puedo enviárselo con mucho gusto. Quisiera recibir observaciones y comentarios sobre esta idea que aún está en un temprano proceso de gestación, pero estoy seguro que todos podrán hacerle valiosos aportes. Con el fin de no desviar demasiado la discusión del Foro, quienes deseen recibir una copia del proyecto de pensum, pueden escribirme directamente a mi buzón electrónico. Sigo en contacto.

Lylian Rodríguez

Con respecto a la intervención de Antonio J. González-Fernández

El comentario de Antonio González-Fernández fue excelente y estamos totalmente de acuerdo con todo lo que estas diciendo. Ahora te digo quien soy yo, Lylian Rodríguez, Colombiana pero viviendo en Vietnam y trabajando con Thomas Preston en la Finca Ecológica que ya va a completar 4 años y que es la Universidad de los estudiantes de la UTA (Universidad para el Trópico) donde estamos desarrollando un programa a nivel de posgrado con estudiantes Vietnamitas y Camboyanos. La

verdad es que sentimos y vivimos lo mismo que tu y que la gente entusiasta como el amigo Adolfo Cardozo. Yo también creo que hay que atacar el problema de raíz y es la **educación**, tenemos que cambiar nuestras universidades y convertirlas en «instituciones útiles para la sociedad» y para esto necesitamos ¡gente convencida y con ganas de cambiar y trabajar! Y también necesitamos ¡financiación! La idea de crear modelos físicos como CENDI-GRANJA en Venezuela (yo la he visitado) o la Finca Ecológica en Vietnam es clave, esto nos permite observar y desarrollar ideas diariamente, otro factor clave en esto es el poder hacer investigación a bajo costo y basada en la realidad. Todo esto nos permite a nosotros y a los estudiantes «aprender haciendo» y avanzar. Lo importante es vivir los sistemas que estamos promoviendo. Esta es la única forma de entender y convencernos de que si es posible. Nuestra granja es de 3,500 m², es más pequeña que la de ustedes pero con una biodiversidad impresionante. Mucha suerte y sería interesante ver el currículum para la Ingeniería del Desarrollo Rural.

Antero J.N. Cabrera

Es una realidad que en América Latina las grandes y medianas empresas agrícolas, ganaderas y forestales son responsables de gran parte del impacto ambiental causado por la producción agropecuaria y forestal. Esto está directamente relacionado con el hecho que estas empresas dedican una mayor superficie a la producción. Teniendo en cuenta la naturaleza de estas empresas, es importante remarcar que el componente económico es la llave para la implementación de sistemas agroforestales en grandes extensiones. Esta es una de las razones por las que este componente debe recibir la importancia adecuada. Con relación a las pequeñas empresas, no se deben desaprovechar las experiencias de otras regiones del mundo con ciertas condiciones semejantes a América Latina, como ej. el sureste asiático y parte de Oceanía. Esto con relación a sistemas agroforestales tradicionales y sistemas agroforestales difundidos recientemente- (ej. «The Amarasi system» en Timor Indonesia o «SALT- Slope Agricultural Land Technology»), los cuales han mostrado ser muy exitosos. Con esto no quiero decir que se deban cometer errores pasados de trasladar tecnología sin la correcta adaptación a condiciones particulares. Pero considero que no se debe desaprovechar esta experiencia así como las instituciones relacionadas

con ella. (En discusión con el Dr. Max Shelton -University of Queensland-Australia- acerca de sistemas agroforstales utilizados en sureste asiático y Oceanía).

María Elena Gómez

Con respecto a los múltiples estratos existen factores muy importantes que deben tenerse en cuenta:

- Estructura de la copa, tipo de hojas y permanencia del follaje de las especies que conforman el dosel o el estrato más alto ya que influye directamente con la recepción de luz y los niveles de sombra que se generen.
- Los niveles de tolerancia a la sombra de las especies ubicadas en los estratos más bajos por ejemplo el matarratón (*Gliricidia sepium*) no tolera condiciones de sombra por esto debe ser utilizado ocupando el estrato más alto o en bancos mixtos con otras especies donde se manejen los mismos niveles de altura.
- La compatibilidad de las especies y el tipo de relaciones que entre ellas pueda darse por ejemplo el incremento de la disponibilidad de nitrógeno y fósforo por parte de las leguminosas.

Limitantes para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles

Uno de los limitantes para establecimiento de árboles en los potreros en fincas pequeñas y medianas es el cuidado que deben recibir los árboles durante el establecimiento y el desarrollo en los primeros años, la manera de protegerlos con cercos resulta costosa; aislar el área sacando los animales del potrero también lo es. Una opción viable puede partir de la planificación de las áreas de acuerdo a la actividad agrícola o pecuaria. El establecimiento de los árboles entonces podría hacerse mediante el establecimiento con cultivos anuales o semestrales, cuando los árboles hayan alcanzado un desarrollo suficiente (de dos a tres años) se incorporan el pasto y los animales.

Jatnel Alonso

En definición de términos creo que además de lo que se plantea con relación a la agroforestería y al silvopastoreo, hay que señalar que estamos en presencia de estos sistemas cuando se llega a un equilibrio de

los componentes involucrados en el sistema de manera que logre la no desaparición de algunos de ellos. En cuanto a las limitantes para el desarrollo de los sistemas silvopastoriles, soy del criterio que para la incorporación de especies arbóreas de pastoreo una de las vías más seguras para lograr resultados satisfactorios es con la producción de plántulas en vivero y pienso que la forma de incorporar especies arbóreas depende del objetivo que se persigue, la especie y el tamaño de la semilla, etc.

Gustavo Febles y T. E. Ruiz

Muy acertado que la primera conferencia contenga elementos terminológicos. Estamos totalmente de acuerdo con el enfoque de disminuir la influencia de los monocultivos de gramíneas en función de la diversidad. Cuba ha trabajado desde 1979 en lo que valoramos como sistemas silvopastoriles vinculados a la producción bovina en varios centros de investigación. Consideramos también que los estudios relacionados con la supervivencia de las especies en estos sistemas es una de sus limitantes esenciales sobre todo durante el período de establecimiento y que debe ser objeto de estudio. Igualmente la tecnología de incorporación de las especies sin detener el proceso productivo de la unidad pecuaria es otro objetivo esencial. En el Instituto de Ciencia Animal se ensayan varias modalidades en este sentido. Creo que es muy oportuno dejar claro que al sistema silvopastoril se llega a través del desarrollo y armonización de sus componentes tanto bióticos como abióticos.

Investigación agroforestal: perspectivas globales

Jeffrey Burley y Andrew W. Speedy

Instituto Forestal de Oxford (OFI), Oxford, Reino Unido.

SUMMARY

Agroforestry is defined as land-use systems and technologies where woody perennials (trees, shrubs, palms, etc.) are used in the same management system as agricultural crops and/or animals, in some form of spatial arrangement or temporal sequence. The aim is to achieve synergy between the components which leads to net improvements in one or more of a range of characteristics, such as productivity and sustainability. As a science, it is multi-disciplinary and often involves farmer or smallholder participation in the identification, design and execution of research activities. This paper summarizes current work on agroforestry, particularly at the major institutions, ICRAF, CIAT and CATIE, and recent work at OFI and CIPAV. The work of the various institutions on germplasm acquisition, evaluation and dissemination is described. This includes a description of work on *Acacia*, *Calliandra*, *Gliricidia*, *Faidherbia* and *Leucaena* spp. at OFI. Sources of information on nutritive value and feeding trials are introduced. These include experiments carried out in different countries and recent in vitro studies of mixtures of fodder trees and other nutrients. FAO sources are listed, including the Tropical Feeds database and specific publications on tropical animal feeding, fodder trees, and pastures and forages. Suggestions are made for future R&D. It is suggested that the methodology for whole agroecosystem research needs to be further developed. A particular area for future research is on mixtures of multipurpose tree species from the points of view of agronomy, pest management, soil effects (including microbiology), and nutritive value.

INTRODUCCIÓN

La agroforestería se refiere a sistemas y tecnologías de uso del suelo en los cuales las especies leñosas perennes (árboles, arbustos, palmas, etc.) se utilizan en el mismo sistema de manejo que cultivos agrícolas y/o producción animal, en alguna forma de arreglo espacial o secuencia temporal (Nair, 1993). En los sistemas agroforestales existen interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. El propósito es lograr un sinergismo entre los componentes el cual conduce a mejoras netas en una o varias características, tales como productividad y sostenibilidad, así como también diversos beneficios ambientales y no-comerciales. Como ciencia, es multi-disciplinaria y a menudo involucra la participación de campesinos o agricultores en la identificación, diseño y ejecución de las actividades de investigación.

Este artículo resume el trabajo actual en sistemas agroforestales, particularmente de las principales instituciones como, ICRAF, CIAT y CATIE, y el trabajo reciente de OFI y CIPAV. Se revisan también las fuentes de información incluyendo la FAO. El artículo muestra la extensión de la colección de germoplasma, evaluación y disseminación de árboles multipropósito y se centra particularmente en trabajos referentes a sistemas de nutrición y producción animal, con sugerencias para investigación y desarrollos futuros.

EL CENTRO INTERNACIONAL PARA INVESTIGACIÓN EN AGROFORESTERÍA

El Centro Internacional para Investigación en Agroforestería (ICRAF, 1988) se estableció en Nairobi en 1977 y es uno de los institutos del Grupo Consultivo en Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). El Centro tiene una colección extensa de germoplasma y ha llevado a cabo un programa de evaluación y desarrollo, hacia la adopción de la agroforestería en seis ecoregiones:

- Las tierras altas sub-húmedas de Africa oriental y central
- Los altiplanos sub-húmedos de Africa del sur
- Las tierras bajas semi-áridas de Africa occidental
- Los trópicos húmedos de Latino América
- Los trópicos húmedos de sureste asiático
- Los trópicos húmedos de Africa occidental

Este centro ha conducido un programa de investigación de ecosistemas, así como los aspectos sociales, políticos y económicos del desarrollo agroforestal.

El programa Domesticación de Árboles para Agroforestería tiene como objetivo la identificación, producción, manejo y adopción de árboles mejorados para la agroforestería, incluyendo colección de germoplasma, multiplicación y disseminación (semillas y material vegetativo). Este programa involucra la evaluación en estación experimental y en finca, así como también estudios de laboratorio cuando éstos sean necesarios.

El programa Rehabilitación de Ecosistemas cubre la investigación sobre la interacción entre fuentes inorgánicas y orgánicas de nutrientes para diversas estrategias de reposición de la fertilidad del suelo; las interacciones biofísicas entre árboles y cultivos a diferentes escalas espaciales y temporales y sus interacciones con el medio ambiente, en función de agua y nutrientes; los efectos de las prácticas agroforestales sobre la biodiversidad, incluyendo la biodiversidad del suelo, la retención de carbono y emisiones de gases de invernadero; y en el largo plazo, la resistencia del recurso natural de base, a nivel de campo y de paisaje. El programa Alternativas al Sistema Corte y Quema estudia los efectos ambientales globales de la agricultura de corte y quema, y las opciones políticas y tecnológicas para aliviar estos efectos, incluyendo sistemas de corte y cobertura. Las actividades de investigación y desarrollo del ICRAF en América Latina, sureste asiático y las tierras bajas húmedas de África oriental contribuyen al trabajo de este programa.

El Programa Evaluación y Disseminación de Sistemas emprende tanto ensayos de investigación controlados como evaluación participativa con agricultores de sistemas agroforestales promisorios. El propósito es encontrar las combinaciones óptimas de los componentes del sistema y definir sus límites biofísicos y socio-económicos. Esto ayudará a integrar en forma exitosa los sistemas agroforestales con otras prácticas no-agroforestales de uso del suelo utilizadas en el campo por los productores. El programa promoverá la disseminación más amplia de los sistemas agroforestales probados a través de proyectos de desarrollo pilotos, trabajando en estrecha colaboración con gobiernos, servicios de extensión, ONGs y proyectos de desarrollo. También monitoreará y documentará la adopción por parte del productor y el consecuente impacto en el campo, la finca y a nivel de la comunidad.

El programa para los trópicos húmedos de América Latina tiene, entre otros, los siguientes temas y objetivos:

- seleccionar y evaluar el germoplasma de especies prioritarias;
- mejorar la calidad de plántulas de árboles para un mejor establecimiento en el campo;
- promover sistemas mejorados de uso del suelo a través de investigación y desarrollo participativo;
- mejorar el manejo del uso del suelo para obtener beneficios ambientales y económicos;
- conservar y manejar el recurso suelo a través de la agroforestería, y
- construir capacidad a través de la información, educación y colaboración;

Los estudios de sistemas del ICRAF se han concentrado en cultivos mezclados y en sistemas de cultivos intercalados con énfasis en ganadería. Una revisión por Baumer (en Pugliese y Speedy, 1992) describe el uso de *Gliricidia maculata* y *G. sepium* en África, *Erythrina burana* en Etiopía, y *Acacias*, incluyendo *A. tortilis*, *A. raddiana*, *A. heterophylla* y *A. spirocarpa*, en zonas áridas; *Faidherbia albida* en la zona semi-árida, y halófitas (*Atriplex* spp., etc.) en suelos salinos. En la zona sub-húmeda, se ha dado mucho énfasis en *Leucaena*, con los problemas bien documentados de ataques del insecto chupador *Heteropsylla cubana* y toxicidad de mimosina. Además se han emprendido estudios con *Gliricidia sepium*, que ha mostrado además algunos problemas antinutricionales en África. *Calliandra calothyrsus* es otra especie prometedoras en estas áreas. En la zona húmeda, hay resultados interesantes con palmas tales como *Guillemia gasipaes* y *Jessenia battaua*.

El programa extensivo de investigación del ICRAF ha hecho más énfasis en los problemas del continente africano, cultivos intercalados, ramoneo, sistemas silvo-pastoriles, pero está colaborando con centros en América Latina para desarrollar sistemas agroforestales y especies multipropósito adecuadas. El ICRAF ha establecido un grupo activo de investigadores con base en el CIFOR (Centro para la Investigación Internacional de Ingeniería Forestal) en Bogor, Indonesia, quienes están trabajando actualmente con instituciones y científicos nacionales en la región asiática.

EL CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

En América Latina, el Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, tiene un programa extensivo en pastos tropicales y leguminosas para múltiples usos. El banco de genes del centro contiene más de 22,000 accesiones de cerca de 155 géneros de pastos y leguminosas forrajeras (incluyendo árboles). También tiene muchos años de experiencia en investigación interdisciplinaria en especies promisorias. Existe un programa grande de pasturas que involucra sub-centros en la mayoría de los países Latinoamericanos y colaboración con socios en instituciones nacionales.

El objetivo es identificar y promover el uso de pastos y leguminosas tropicales en los trópicos sub-húmedos y húmedos, con base en la caracterización de su diversidad genética buscando características que hagan más eficiente la ganadería y protección de cultivos y que contribuyan a un manejo sostenible del suelo. Los beneficiarios directos de este trabajo son productores a pequeña-escala en los trópicos sub-húmedos y húmedos, cuya subsistencia depende de la ganadería, cultivos anuales, y las combinaciones de estas dos con cultivos perennes. Nuevos forrajes permiten a estos productores aumentar la productividad de sus sistemas, mientras que mantienen la fertilidad del suelo, conservan recursos hídricos y preservan la vegetación natural en áreas ecológicas frágiles.

El proyecto hará que los pastos y leguminosas más sobresalientes estén rápidamente disponibles para los socios de la investigación, de modo que ellos pueden evaluar estas especies para múltiples usos, seleccionarlas para nichos ecológicos específicos, y promover su integración en los diferentes sistemas de producción (CIAT, 1998). Lascano y Argel de CIAT son los aurores de un artículo posterior en estas memorias.

CENTRO AGRÓNOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (CATIE)

CATIE (1998) es una asociación internacional independiente sin fines de lucro establecida en Costa Rica, cuyo propósito es la investigación y educación en ciencias agrícolas, recursos naturales y temas relacionados con los trópicos Americanos, con énfasis en América Central y el Caribe.

Los objetivos de la investigación son caracterizar y documentar, incrementar y preservar, y hacer disponible a usuarios la diversidad genética real y potencial de la región. La estrategia principal es apoyar y

prestar servicios a productores de semilla y a usuarios en los países miembros en selección de la fuente de semilla y obtención y manejo de la misma. Los beneficiarios de esta investigación son productores, campesinos propietarios de bosques y programas nacionales de mejoramiento genético. El CATIE está comprometido con el mejoramiento de germoplasma y la conservación de cultivos agrícolas y especies forestales seleccionadas.

La investigación en manejo integrado de plagas (MIP) en ingeniería forestal y agroforestería pretende reducir la utilización de pesticidas a través de su sustitución por alternativas ecológicas específicas y reducción de las pérdidas debidas a plagas. Esta línea de investigación está orientada al sistema de producción y no a un solo cultivo. La investigación se realiza a través de un equipo multidisciplinario de manejo integrado de plagas y cubre todos los países miembros del CATIE, aunque en los próximos años las actividades de investigación se centrarán en Costa Rica y Nicaragua. Los beneficiarios de esta investigación son instituciones públicas nacionales, el sector privado, y las organizaciones no gubernamentales involucradas en el manejo integrado de plagas y agroforestería. Los beneficiarios indirectos son los productores, los consumidores y las comunidades rurales, así como también la comunidad científica mundial.

El objetivo de la investigación en sistemas agroforestales es generar, validar y transferir sistemas agroforestales más productivos, sostenibles y económicamente factibles, así como promover acciones integrales en el manejo de cuencas, tendientes a mejorar las condiciones de vida de los agricultores, y la conservación de los recursos naturales del trópico americano. Las sub-líneas incluyen elementos tales como la introducción de árboles en sistemas agroforestales en fincas con énfasis en la producción de madera y especies arbóreas de uso múltiple; estudios de interacciones bio-físicas y socio-económicas de los sistemas agroforestales; desarrollo de modelos descriptivos empíricos y modelar sistemas agroforestales. Las tres sub-líneas de investigación son:

- Sistemas agroforestales para la producción de cultivos anuales en laderas del trópico húmedo.
- Sistemas agroforestales para cultivos perennes (principalmente café).
- Sistemas silvopastoriles para pasturas degradadas en los trópicos húmedos.

El CATIE está también promoviendo el desarrollo de tecnologías para el manejo sostenible de bosques naturales y su biodiversidad y emprendiendo análisis y valoración socio-económica de sistemas de manejo y bienes y servicios de ecosistemas tropicales.

Kass, *et al.* (en Pugliese y Speedy, 1992), revisan dos de los trabajos de el CATIE en experimentos de alimentación en ganadería. Estos incluyen análisis de laboratorio detallados de un rango amplio de especies, con énfasis en particular en *Morus* spp., *Gliricidia sepium* y *Erythrina poeppigiana*. También se han realizado ensayos de alimentación con animales para medir el consumo de materia seca y la ganancia de peso de ovejas, cabras y vacunos. (ver artículos de Benavides es estas memorias).

INSTITUTO FORESTAL DE OXFORD

El Instituto Forestal de Oxford (OFI) del Reino Unido, es un centro con una larga trayectoria, Establecido para la investigación en ingeniería forestal mundial alberga en su biblioteca la colección más importante de material de referencia sobre ingeniería forestal y agroforestería. La investigación se ha centrado en genética forestal, silvicultura, madera y otros productos forestales, así como también en estudios políticos y socio-económicos. Está asociado con el Departamento de Ciencias Vegetales de la Universidad de Oxford, y ofrece entrenamiento a nivel de grado y posgrado, y cursos cortos en manejo forestal, políticas, métodos de investigación y agroforestería.

El Grupo de Genética ha emprendido algunos estudios científicos profundos en un número importante de especies agoforestales, incluyendo adquisición y evaluación de germoplasma. En años recientes, se han emprendido estudios importantes de biología reproductiva, genética sistemática y manejo en *Acacia*, *Calliandra*, *Gliricidia*, *Faidherbia* y *Leucaena* spp. Para realizar estos trabajos se han establecido colecciones y llevado a cabo estudios de crecimiento utilizando diseños experimentales estándar en un amplio número de localidades tropicales.

De importancia particular es el trabajo en *Leucaena* (Hughes, 1996). En este trabajo se estableció una nueva y completa colección de semillas en Oxford y se llevó a cabo un estudio de la morfología comparativa y sistemática de *Leucaena* y géneros relacionados (*Dichrostachys*, *Parkia* y *Xylia*). Esto conllevó a una profunda revisión taxonómica del género, el cual se considera ahora que abarca 22 especies, 6 híbridos intraespecíficos

y 2 híbridos nombrados. Se ilustraron todos los taxa y se mapificaron sus distribuciones. Se describieron una nueva especie y dos nuevos híbridos. La evaluación genética de especies de Acacia africana involucra investigación en la importancia económica de la variación genética en *Acacia erioloba*, *A. karroo*, *A. nilotica*, *A. senegal*, *A. tortilis* y *Faidherbia albida* (Barnes en OFI, 1997). Se ha utilizado una completa colección de semillas para establecer los ensayos de escrutinio, incluyendo estudios socio-económicos para evaluar el uso actual y potencial de seis especies en sistemas agrícolas de pequeños productores en las zonas semi-áridas de Zimbabwe, y la producción de una metodología para integrar el mejor material genético en estos sistemas.

Un proyecto posterior de OFI tiene que ver con la investigación en la biología reproductiva y la diversidad genética del árbol multipropósito, *Calliandra calothyrsus*. Investigación en esta especie ha involucrado estudios de su fenología floral, sexual, sistemas de reproducción y polinización, diversidad genética y el potencial de inter-hibridación específica. Las colecciones de semillas fueron realizadas en Costa Rica, Guatemala, Honduras y Nicaragua por Joanne Chamberlain. Los estudios de biología reproductiva y la diversidad genética también se realizaron en el Jackfruit asiático (*Artocarpus* sp.) por Pushpakumara.

Faidherbia albida es un árbol leguminoso africano ampliamente distribuido que es utilizado en sistemas integrados de producción agrosilvopastoril. Recientemente se han implementado estudios amplios de la diversidad genética utilizando marcadores moleculares para asistir al desarrollo de estrategias de recolección de semillas para programas de mejoramiento de árboles.

Los miembros del instituto también están involucrados en el análisis cualitativo y cuantitativo de especies agroforestales para forraje. Esto ha incluido investigación de la calidad de forraje de varios géneros de leguminosas para los cuales el OFI ha ensamblado colecciones de semilla (Stewart en OFI, 1994, 1995, 1996, 1997). En el caso de *Gliricidia sepium*, especie para la cual se han reportado problemas de aceptabilidad de su follaje por parte del ganado en muchas partes de los trópicos, se ha investigado la variación genética de su calidad mediante ensayos de alimentación basados en procedencias, utilizando ovejas y cabras. Para esto se establecieron bloques de forraje que contenían 5 - 6 procedencias de *Gliricidia* cinco sitios, en colaboración con instituciones de investigación en ganadería en Colombia, Costa Rica, Indonesia, Nigeria y

Sri Lanka, en donde se llevaron a cabo ensayos de alimentación en cada sitio.

En cuanto a *Leucaena*, se han completado estudios de la composición química del follaje para la mayoría de los taxa conocidos, utilizando material foliar de la colección de semillas de OFI que crece en un ensayo financiado por la ODA en Honduras. Las mismas muestras se utilizaron para estudios de la digestibilidad *in vitro*, en colaboración con la Universidad de Reading, en 1995. Estos estudios de laboratorio se complementaron con un experimento de alimentación llevado a cabo en Honduras, con la ayuda del equipo técnico y recursos de CONSEFORH. Las hojas frescas de 15 taxa de *Leucaena*, del mismo ensayo muestreado previamente para análisis de laboratorio, se ofrecieron simultáneamente a ovejas, para determinar su palatabilidad relativa.

Calliandra calothyrsus es un árbol leguminoso tropical que puede proveer hojas para forraje de alto valor nutritivo durante la época de sequía, aún en suelos ácidos estériles. Sin embargo, el valor nutricional reportado varía en forma amplia. Se han investigado los efectos de procedencia, manejo y medio ambiente en el valor nutritivo, a través de una combinación de ensayos de alimentación en Colombia y Kenya y mediante estudios analíticos, particularmente de la química de taninos del follaje, en colaboración con la Universidad de Reading.

Se han realizado otros estudios en seis leguminosas leñosas neotropicales de los géneros *Albizia*, *Hesperalbizia*, *Pseudosamanea* y *Samanea*, utilizando técnicas analíticas, digestibilidad *in vitro* y ensayos de aceptabilidad por ovejas en Honduras. Se está preparando un reporte de la investigación de la aceptabilidad y potencial de forraje (Stewart y Dunsdon, en prensa). *H. occidentalis* y *P. guachapele* parecen ser las especies con mayor potencial de uso para forraje. Una descripción más extensiva de estos ensayos de evaluación de forraje serán presentados por Janet Stewart en un artículo posterior en esta conferencia electrónica.

Finalmente, se ha llevado a cabo un trabajo por Rosales (Ahora con CIPAV) en asociación con Margaret Gill del NRI para evaluar el valor nutricional de mezclas de árboles forrajeros (Rosales, 1996). Este trabajo involucró un extensivo estudio *in vitro* utilizando el método de producción de gas y demostró las diferencias en tasas y extensión de digestión de mezclas de forrajes arbóreos pero, además, evidenció los efectos sinérgicos posibles de mezclas de forrajes y combinaciones con

otros nutrientes. Estos hallazgos y sus interpretación en el contexto de sistemas agroforestales y ganaderos se discutirán en un artículo posterior. La transferencia de resultados y métodos de adopción de investigación incluye la evaluación de algunas especies arbóreas no-industriales y el desarrollo de enfoques para facilitar la utilización de resultados. Frecuentemente, los productores no tienen acceso a los resultados de programas de mejoramiento de árboles, de tal forma que la información de la investigación permanece en la estación experimental. La estrecha colaboración con socios incluyendo el Centro Internacional para la Investigación en Agroforestería (ICRAF, Kenya), el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, Colombia), la Fundación de Industrias Agrícolas de Bharatiya (BAIF, India), el proyecto de Forrajes para Pequeños Agricultores (Indonesia, Filipinas, Laos y Vietnam), y la Oficina de Investigación de Ecosistemas y Desarrollo (Filipinas) ha conllevado a una mayor adopción de resultados de la investigación del OFI.

OTRAS INSTITUCIONES

La Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO, 1998) tiene un grupo de investigación con cuatro grupos de trabajo en agroforestería. Los objetivos de grupo son promover el intercambio de información entre investigadores activos en agroforestería y revisar periódicamente el estado del conocimiento o de temas claves en agroforestería y de ese modo estimular nuevas líneas de investigación y establecer prioridades.

La naturaleza amplia e interdisciplinaria de la agroforestería se refleja en los grupos de trabajo que cubren: agroforestería de zonas templadas, agroforestería tropical, investigación fundamental y estudios de modelos en agroforestería, e investigación adaptativa y social en agroforestería.

Existen muchas instituciones, universidades y ONGs que trabajan en el campo de la agroforestería, realizando contribuciones significativas al entendimiento global de los ecosistemas agroforestales y a su aplicación y desarrollo a nivel local. Algunas de ellas se han mencionado anteriormente como colaboradoras con las instituciones principales y contribuirán al programa y discusión en esta conferencia.

AGROFORESTERÍA EN SISTEMAS DE GANADERÍA

Muchas de las instituciones principales y muchas de las organizaciones nacionales y no-gubernamentales han trabajado hacia el desarrollo de sistemas agroforestales integrados tanto en centros de investigación como en fincas. Tales estudios incluyen sistemas de fincas modelo y participación de los productores en desarrollos en el campo de sistemas apropiados para diferentes zonas.

En América Latina, ha habido un crecimiento de pequeñas organizaciones nacionales y no-gubernamentales involucradas en el desarrollo de sistemas agropecuarios integrados incluyendo la agroforestería. Un ejemplo importante es la Fundación CIPAVI (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria) en Cali, Colombia. CIPAV contribuirá con varias ponencias en esta conferencia.

FUNDACIÓN CIPAV

CIPAV es una organización no-gubernamental establecida en 1986. Se ha llevado a cabo investigación en todos los niveles del agroecosistema. Los estudios iniciales se enfocaron en el uso fraccionado de la caña de azúcar como fuente de energía y árboles leguminosos y plantas acuáticas como suplemento proteico, para ganado, ovejas, cabras, cerdos y otras especies animales, dentro de un sistema integrado que incluye recursos vegetales, agua y residuos para alimento animal, alimentación humana y energía. En los últimos 10 años, el programa se ha extendido a una amplia variedad de ecosistemas en América Latina y a un rango más amplio de especies y sistemas de explotación apropiados para diferentes localidades. Hay cooperación internacional con otras organizaciones en Argentina, Brasil, Ecuador, Chile, Guatemala, Nicaragua, México, Perú, Venezuela y en muchas regiones de Colombia.

La agroforestería es un componente central en el desarrollo de agroecosistemas sostenibles en la región. Las especies consideradas dentro del desarrollo de sistemas en CIPAV incluyen: *Gliricidia sepium*, *Trichanthera gigantea*, *Leucaena leucocephala*, *Erythrina poeppigiana*, *E. edulis*, *Prosopis juliflora* y *Tithonia diversifolia*, entre otras. Estas especies se han probado tanto en ensayos de alimentación con un rango amplio de especies animales como en sistemas agropecuarios integrados a nivel de finca. CIPAV ha conformado una amplia red de productores que participan en la investigación y adaptación de estos sistemas.

El programa de investigación en sistemas forestales incluye:

- Identificación y evaluación de sistemas agroforestales en predios de productores empresariales y campesinos. Estos sistemas incluyen cultivos multiestrato, cultivos mixtos (asociados con componentes arbóreo-arbustivo), bancos de proteína, cercos vivos y corredores biológicos.
- Identificación, selección y evaluación de nuevas especies vegetales de uso múltiple para diferentes ecosistemas incluyendo: bosque seco tropical, bosque húmedo premontano, altas montañas tropicales, bosques húmedos y pluviales tropicales y humedales.
- Líneas de investigación en *Trichanthera gigantea* son: evaluación de la variabilidad genética, biología de la reproducción, caracterización del valor nutricional, aportes a la salud humana y animal, efectos sobre nacimientos de agua.

Una descripción detallada de los sistemas integrados y de el papel de los árboles multipropósito ha sido publicada por Preston (en Pugliese y Speedy, 1992), al igual que una revisión crítica de estudios de alimentación animal (Preston, 1996) ; ambas son publicaciones de la FAO (Artículos de Producción y Salud Animal).

FUENTES DE INFORMACIÓN DE GANADERIA Y AGROFORESTERÍA DE LA FAO

En la FAO, el Grupo de Recursos de Alimentación de la División de Salud y Producción animal (AGA) y el Grupo de Pastos y Forrajes de la división de Producción y Protección de Plantas (AGP) tienen un rango amplio de literatura relevante en los temas de árboles multipropósito, pastos y leguminosas, y sistemas agroforestales.

En 1992, la publicación de la FAO Alimentos Tropicales (Bo Gohl, 1980) se convirtió en una base de datos computarizada. Mediante una actualización progresiva en 6 ocasiones desde entonces, la versión actual contiene unos 800 alimentos y 1200 referencias, con resúmenes del material de referencia relacionado. Además, existe un gran número de publicaciones de tanto de AGA como de AGP que contienen información detallada y memorias de seminarios y conferencias. Unas referencias particularmente útiles son «Arboles Leguminosos y Otros Arboles

Forrajeros como Fuentes Proteicas para Ganadería» (Pugliese y Speedy, 1992) y «Alimentación Animal Tropical» (Preston, 1996).

Muchas de estas publicaciones, junto con las memorias de conferencias electrónicas previas en Alimentos Tropicales, están disponibles en la página de Internet de la FAO (FAO, 1998). El último desarrollo es un CD-ROM comisionado por FAO que contiene «Piensos Tropicales», la revista computadorizada «Investigación Agropecuaria para el Desarrollo Rural» (publicada y disponible también en CIPAV), la revista «Producción Animal Tropical» (1976-85) y seis publicaciones de la serie de «Producción y Sanidad Animal», incluyendo aquellos relacionados arriba. El Grupo de Pastos y Forrajes de la Dirección de Producción y Protección Vegetal (AGP) también ha producido un CD-ROM con más publicaciones en formato electrónico.

El advenimiento de la tecnología de la informática hace ahora un uso extensivo de los recursos de información disponibles a nivel mundial. Existe un cuerpo creciente de información en árboles multipropósito, sistemas agroforestales, biodiversidad y en la investigación y desarrollo asociados, cada vez con mayor utilidad y fácil acceso.

POSIBILIDADES FUTURAS

El énfasis de gran parte de la investigación y desarrollo descritos en este artículo está claramente en los recursos genéticos, germoplasma, evaluación, diseminación y la necesidad de recursos de germoplasma mejorado. Ha habido algo de desarrollo en el área de los aspectos socioeconómicos con métodos participativos. También existe un cuerpo de literatura en el valor nutritivo y en ensayos de alimentación, referentes al uso importante de recursos vegetales en sistemas ganaderos. Sin embargo, no hay una metodología bien desarrollada para la investigación y desarrollo del agroecosistema como un todo.

Un área particular para la investigación futura está en las mezclas de especies de árboles multipropósito desde los puntos de vista de agronomía, manejo de plagas, efectos en suelos (incluyendo microbiología) y valor nutricional. Esto debe extenderse a estudios de ecosistemas completos incluyendo agroecosistemas con agroforestería.

Esta conferencia contribuirá a la información y discusión en recursos agroforestales ya que ellos se relacionan con sistemas agrícolas basados en ganadería. El progreso en esta área guiará a posteriores publicaciones electrónicas y su distribución.

BIBLIOGRAFÍA

- CATIE (1998). Home Page. [Http://www.cgiar.org/catie](http://www.cgiar.org/catie)
- CIAT (1998). Home Page. [Http://www.cgiar.org/ciat](http://www.cgiar.org/ciat)
- FAO (1998) Home Page: [Http://www.fao.org](http://www.fao.org)
- Göhl, B. (1980) *Tropical Feeds*. FAO, Rome.
- Hughes, C.E. (1996) *Systematics of Leucaena Benth. (Leguminosae: Mimosoideae)*. PhD Thesis. University of Oxford.
- ICRAF.(1998) Home Page. [Http://www.cgiar.org/icraf](http://www.cgiar.org/icraf)
- IUFRO (1998). Home Page. [Http://www.iufro.boka.ac.at](http://www.iufro.boka.ac.at)
- Nair, P.K.R. (1993) *An introduction to agroforestry* Kluwer Academic Publishers, Holland
- OFI (1994). *Annual Report*. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK
- OFI. (1995). *Annual Report*. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK
- OFI. (1996). *Annual Report*. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK
- OFI. (1998). *Annual Report*. Oxford Forestry Institute, Oxford, UK
- Preston, T.R. (1996). *Tropical Animal Feeding. A Manual for Research Workers*. FAO Animal Production and Health Paper 126. FAO Rome.
- Pugliese, P.L. & Speedy, A.W. (1992). *Legume Trees and Other Fodder Trees as Protein Sources for Livestock*. FAO Animal Production and Health Paper 102. FAO Rome.
- Rosales, M (1996). *In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees*. PhD Thesis. University of Oxford.

Comentarios

Gustavo Febles, Thomas E. Ruiz y Jatnel Alonso

Una conferencia sumamente informativa y muy útil para el estrechamiento de relaciones. A través de esta conferencia electrónica pedimos a los autores formas y posibilidades de estrechar relaciones de cooperación y trabajo con el Instituto de Ciencia Animal de Cuba cuyo correo electrónico aparece en este material. La importancia de los temas acerca de las investigaciones en genética, germoplasma, evaluación, disseminación y la necesidad de trabajar con germoplasma mejorado son muy sugestivos. Dos aspectos esenciales en el trabajo con árboles y arbustos que pueden contribuir negativamente a lograr exitosos establecimientos e incorporación de sistemas silvopastoriles a la ganadería son los estudios de métodos de conservación de germoplasma arbóreo y la variabilidad específica que se manifiesta en las colectas donde no interviene el trabajo de mejoramiento varietal.

Manuel Sánchez

Este artículo nos da una visión integral del tipo de trabajos que se están haciendo en agroforestería en las diferentes instituciones involucradas en el tema. En artículos posteriores de autores trabajando en algunas de éstas instituciones se podrán obtener más detalles de las investigaciones y proyectos de desarrollo. Se espera que como resultado de esta conferencia se estrechen los lazos entre las instituciones nacionales e internacionales para poder hacer un trabajo más efectivo, que pueda rendir frutos más rápidamente en beneficio del productor campesino y del medio ambiente. Para completar la información sobre las publicaciones disponibles en FAO sobre el tema de Agroforestería les informo que recién se ha publicado el libro «Tree foliage in ruminant nutrition» (Follaje de árboles en la nutrición de rumiantes) por el Dr. Ronald Leng (FAO Animal Production and Health Paper 139, 1997). Este libro, cuyo autor es un líder mundial en nutrición y alimentación animal, trata de la contribución del follaje de los árboles leguminosos forrajeros a la producción animal en los trópicos. El primer capítulo describe el marco general de los recursos alimenticios y la contribución que puede hacer el follaje de los leguminosas a los sistemas de producción. El capítulo dos explora la nutrición, fisiología y metabolismo de los rumiantes como base para

entender como los follajes de los árboles pueden ayudar a mejorar la eficiencia del rumen para suplir los requerimientos productivos del animal. El capítulo tres explica las varias posibilidades de manipulación de la función ruminal a través del uso de suplementos y dá ejemplos de como estas intervenciones han mejorado el comportamiento animal en situaciones prácticas. En el capítulo cuatro se analiza la contribución específica de los follajes de leguminosas desde los puntos de vista de su contenido en taninos, composición química, fracciones protéicas sobrepasantes y solubles en el rumen, y contenido de micronutrientes. El uso del follaje de árboles como fuente de proteína protegida y los métodos para medir esta característica en los follajes se incluyen en el capítulo cinco. Desafortunadamente en este libro no se incluye a los follajes de alto valor nutritivo, como la morera, el hibiscus, etc. que tienen un enorme potencial en la producción no solo de rumiantes sino de monogástricos. Estos serán tratados en artículos posteriores de esta conferencia.

Diversidad biológica en la ganadería bovina de Colombia

Enrique Murgueitio y Zoraida Calle

Fundación CIPAV, Cali, Colombia

SUMMARY

This article explores the relationships between cattle ranching, land use, deforestation, rural employment and biodiversity, and outlines a series of principles to initiate the transformation of the present system of cattle ranching into something more sustainable, less incompatible with biological diversity and more appropriate for human welfare. Although the analyses and the numbers are based on the Colombian case, they are typical of the situation in the Latin American tropics. The case of Colombia is perhaps extreme in all aspects and therefore particularly instructive. The enormous biological diversity (at risk from production systems which are blamed for causing a concentration of land ownership, inequalities, migration from the countryside to the cities, rural poverty and environmental degradation) demands imaginative and viable technological answers at all levels of production. But in addition, in a country devastated by violence, the strategy for the environmental rehabilitation of cattle ranching must coincide with social reform. The article demonstrates, with examples, the application of each one of the principles for the transformation of the current cattle ranching system: Abundant biomass and energy; Diversity of plant species; Intercropping; Hedges, living fences and biological corridors; Efficient use of manure; Diversity of habitats; Reduction in the use of pesticides and other toxic compounds; and Appropriate prairie management. These principles, and the examples outlined in the article, are applicable on any scale and in any environmental, social and cultural context, as long as the methodology is identified which incorporates the biological variables and economic parameters in an appropriate technological model.

INTRODUCCIÓN

Este artículo explora las relaciones entre la ganadería bovina, el uso de la tierra, la deforestación, el empleo rural y la biodiversidad, y esboza una serie de principios para iniciar la transformación de la ganadería actual en un sistema más sostenible, menos incompatible con la diversidad biológica y más apropiado para lograr el bienestar humano. Aunque los análisis y las cifras se centran en el caso colombiano, no son atípicos de la situación del trópico americano. El caso de nuestro país es uno de los más extremos en todas las facetas y por lo tanto más didáctico. Una enorme diversidad biológica, puesta en peligro por sistemas productivos acusados de propiciar concentración de las tierras, desigualdades sociales, migración del campo a las ciudades, pobreza rural y degradación ambiental, exige respuestas tecnológicas imaginativas y viables en todas las escalas de producción. Pero además, en un país devastado por la violencia, la estrategia para la reconversión ambiental de la ganadería debe coincidir de cerca con su reconversión social.

DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Colombia ocupa un lugar prioritario en los esfuerzos de conservación al nivel global debido a su elevada riqueza biológica, puesta en peligro por la creciente población humana, el desarrollo y la explotación de los recursos naturales (McNeely *et al.*, 1990). La concentración de especies por unidad de área y el número total de especies (segundo en el mundo después de Brasil), sitúan a Colombia entre los llamados países de la mega-diversidad.

El territorio colombiano conforma menos de 1% de la superficie terrestre pero alberga 6% de las especies de anfibios, 10% de los reptiles, 15% de los primates, 20% de las mariposas, 20% de las aves y 15% de las orquídeas; en resumen, cerca del 10% de las especies del mundo (McNeely *et al.*, 1990). Tomemos la diversidad de especies vegetales como un ejemplo. El número de plantas vasculares presentes en Colombia se calcula alrededor de 55,000, cifra muy elevada si se considera que la región Zambesiana, conocida como el centro florístico más rico de Africa (con un área tres veces mayor que la de Colombia) posee 8500 (Malaisse, 1993). Este «exceso de especies» característico del noroccidente del continente suramericano es probablemente el resultado del extenso sistema de cadenas montañosas y bosques nublados (Gentry, 1988).

GANADERÍA BOVINA

Bajo la denominación de ganadería bovina se incluye una inmensa variedad de sistemas productivos manejados por distintas etnias y grupos sociales con variados niveles de inserción a la economía de mercado, situados en distintos biomas terrestres y por lo tanto enmarcados en diferentes regímenes climáticos, tipos de suelos y formaciones vegetales. Para los fines de este trabajo diferenciamos dos grandes clases de actividad ganadera. La primera clase abarca todos aquellos sistemas en los que el ganado y el negocio derivado de los animales constituyen la principal motivación económica. Hay enorme variación en la productividad primaria (30 a 300 toneladas de materia verde/ha/año), en la calidad de la biomasa (4 a 12% de proteína cruda y 30 a 60% de digestibilidad), en la capacidad de carga (10 ha por animal a 10 animales por ha), en la producción de carne (100 a 2 000 kg de peso vivo/ha/año) y la producción de leche (500 a 12 000 l/ha/año). Las tasas de natalidad del ganado oscilan entre 40% y 90%. El área de los predios fluctúa entre 0,5 y más de 50 000 hectáreas. Hay amplia variación genética en los animales (varias razas, líneas y cruces de ganado cebuino, criollo de origen ibérico y europeo mejorado) y en los forrajes (gramíneas de origen americano y africano, gramíneas mejoradas, leguminosas nativas y exóticas, plantas rastreras, arbustos y árboles). El impacto ambiental de estos sistemas fluctúa entre el desgaste absoluto e irreversible de los suelos hasta la restauración parcial de ecosistemas degradados. Los actores sociales incluyen empresarios ganaderos y agroindustriales, campesinos minifundistas, colonos e indígenas, con ingresos per capita que oscilan entre menos de US\$1 000 y más de US\$500 000 por año, y periodicidad en el flujo monetario de más de dos años en la cría extensiva hasta semanal en la lechería. La generación de empleo varía entre uno por cada 200 hectáreas y más dos por hectárea. Los niveles de conflicto social asociados a esta clase de ganadería van desde la participación activa en la lucha armada hasta los verdaderos ejemplos de organización comunitaria y participación social.

La otra clase de actividad ganadera es aquella cuya principal finalidad es la compra-venta de tierras estimulada por la valorización que generan las obras de infraestructura, la expansión de centros urbanos (Gómez, 1993) o los negocios de oportunidad asociados al lavado de activos del narcotráfico (Bejarano, 1988). Más que un sistema productivo, esta clase de ganadería es una estrategia de ocupación del territorio, no sólo con fines económicos, sino para ejercer el poder político sobre las

regiones (Molano, 1990) y obtener prestigio social, siguiendo una tradición que se remonta a la época de la Conquista (Patiño, 1965, 1970). Estos sistemas ganaderos se entienden mejor en la medida en que se compara el costo de oportunidad de la tierra con las utilidades generadas por la actividad productiva. Se concluye que para la mayor parte de la producción bovina, el negocio ganadero es una actividad secundaria al negocio de tierras como bien primario de inversión (Gómez, 1993). Este hecho se exacerbó en las últimas décadas, cuando la ganadería se convirtió en una gran oportunidad para el lavado de dinero procedente de las actividades ilegales (Heath y Binswanger, 1995).

Hasta 1994, la legislación vigente en Colombia condicionaba la propiedad de la tierra al reemplazo de los bosques por sistemas agropecuarios. Para el propietario, justificar la posesión del predio implicaba frenar la sucesión vegetal, que en la mayoría de los casos tiende a restablecer la cobertura boscosa. Esto es difícil de lograr en sistemas agrícolas de gran tamaño debido a los costos elevados del control de la vegetación, pero es viable en sistemas de pastoreo. La ganadería como estrategia de ocupación del territorio se basa entonces en plantas de alta capacidad invasora (gramíneas en su mayoría) que impiden el crecimiento de los árboles. El desarrollo de las gramíneas se estimula a través del pastoreo del ganado y el fuego. Lo anterior implica una baja inversión en capital y trabajo por unidad de superficie, bajos costos de mantenimiento y la posibilidad de diferir estos costos en un lapso largo de tiempo. Esta actividad fomenta uno de los patrones más inequitativos de distribución de la tierra que se conocen en el mundo, con un coeficiente de concentración superior a 0.8 a partir de 1950 (Campillo, 1987, Fajardo *et al.*, 1997). Si bien es cierto que en muchos casos el avance de la ganadería es el resultado indirecto de las políticas estatales de titulación y del mercado de tierras, en otros casos la colonización ha sido impulsada por el Estado en forma directa, con apoyo internacional. La transformación de las selvas húmedas del piedemonte amazónico en Caquetá (unos 6 millones de hectáreas) fue co-financiada por el Banco Mundial entre 1966 y 1982 con un aporte de 44 millones de dólares (Jarvis, 1986).

CONFLICTO ENTRE GANADERIA Y LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD

Las causas directas de extinción de especies en Colombia incluyen: la deforestación, la transformación de hábitats y ecosistemas, la

construcción de vías y otras obras de infraestructura, la introducción de especies exóticas, la sobre-explotación, la contaminación y el cambio climático (Instituto Humboldt, 1997). Cada uno de estos factores se relaciona con la ganadería. Una breve consideración de las causas de la deforestación ilustra el punto mejor: colonización y expansión de la frontera agrícola y ganadera (73,3%), producción maderera (12%), consumo de leña (11%), incendios forestales (2%) y plantaciones ilegales 2% (DNP, 1996). El país ha perdido la tercera parte de los bosques húmedos por debajo de 1000 metros de elevación, 98,5% de los bosques secos y sub-húmedos y 63% de los bosques andinos (Etter, 1997), todos ellos caracterizados por altos niveles de riqueza y endemismo de especies. Probablemente la ganadería ocupa más de 80% de estas áreas.

Desde 1950 hasta 1986, las áreas cubiertas por pastos en Colombia pasaron de 12,1 a 26,7 millones de hectáreas, mientras los cultivos incrementaron de 2,6 a 4,3 millones de hectáreas (Heath y Binswanger, 1995). Sin embargo, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en 1988 los pastizales ocupaban ya 40 millones de hectáreas. Aunque la mayor parte de las áreas deforestadas soporta sistemas ganaderos, no siempre es posible establecer la conexión directa entre deforestación y ganadería. Al fracaso de la agricultura en las áreas más frágiles se suma el hecho de que el mercado de tierras es más rentable que la actividad productiva que se realiza en ellas (Fajardo *et al.*, 1997). Es fácil entonces, entender por qué las tierras desnudas se transforman en pastizales.

Si bien la ganadería extensiva ocupa casi 90% del territorio intervenido, sólo contribuye el 4,3% del PIB Nacional, 22% del PIB Agropecuario y 60% del PIB Pecuario (El Espectador, 1995). La escasa generación de riqueza es el resultado de la ineficiencia biológica y de la mínima oferta de empleo. Las áreas en ganadería no han logrado reducir la pobreza rural. De 9 200 000 pobladores rurales en la década de 1980, 6 200 000 eran pobres y de éstos, 2 100 000 vivían en la pobreza absoluta (FAO, 1988). La producción total de carne se redujo en la última década a pesar del aumento del área en ganadería (FAO, 1997). Principios para minimizar el impacto de los sistemas ganaderos sobre la diversidad biológica.

Según Pimentel *et al.* (1992), la mayor parte de la diversidad biológica global existe en sistemas manejados por el hombre (principalmente agricultura y bosques sometidos a extracción maderera), debido a que estas áreas cubren 95% de los ecosistemas terrestres,

mientras que los parques nacionales, reservas y demás áreas protegidas ocupan sólo 3,2%. Si esta afirmación es válida también en el caso colombiano, quizás se debe más a la biodiversidad en bosques manejados que en sistemas agrícolas. Es necesario aceptar que incluso los agroecosistemas más diversos probablemente soportarán menos especies nativas que los hábitats naturales desplazados por ellos. Sin embargo, mientras algunos agroecosistemas son pobres en especies y proporcionan pocos hábitats para la fauna y flora silvestres, otros soportan numerosas poblaciones de la biota local. La ganadería puede reemplazar sistemas de alta diversidad biológica por ambientes pobres o puede contribuir a conservar una porción de la fauna y flora. En la zona de colonización del Guaviare en la Amazonia colombiana, 300 000 hectáreas de bosques con 500 especies vegetales por hectárea se han transformado en pastizales homogéneos con menos de 30 especies de plantas (Etter, 1990). En medio de extensos monocultivos de caña de azúcar en el Valle del Cauca, pequeñas áreas con sistemas silvopastoriles soportan una avifauna más rica que la de áreas circundantes, e incluso, que la de relictos de bosque seco (Cárdenas, 1997). Westman (1990) y Pimentel *et al.* (1992), han recopilado una serie de principios ecológicos que contribuyen a una producción agropecuaria y forestal más sostenible, al tiempo que mantienen cierta diversidad biológica. Estas ideas deberían ser igualmente aplicables a los ecosistemas templados y tropicales. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que la mayor parte de la biodiversidad la conforman organismos con un diámetro inferior a un centímetro. Mientras existen en la Tierra 45 000 especies de vertebrados y cerca de 270 000 de plantas, el número de insectos (aún no establecido), es de varios millones. Expresado por May (traducción de los autores), «en forma burda, y dejando de lado el chovinismo de vertebrados, todos los organismos son insectos» (May, 1988).

A través de un proceso convergente, los principios esbozados por Pimentel *et al.* (1992) han sido aplicados en los sistemas ganaderos diseñados y promovidos por la Fundación CIPAV durante la última década. Nuestra meta es demostrar que es factible lograr la restauración ecológica de zonas degradadas mediante el diseño inteligente de sistemas de producción agropecuaria adaptados a contextos ambientales y sociales específicos. Los principios ecológicos se enumeran de acuerdo con Pimentel *et al.* (1992). Los principios no son mutuamente excluyentes; en varios casos se refuerzan uno a otro.

Abundante biomasa y energía

Un número considerable de especies depende de la biomasa como fuente de energía. La productividad de los sistemas agrícolas y ganaderos se puede mejorar mediante el uso de residuos de cosecha, que constituyen una importante fuente de biomasa para varios organismos. Beneficios adicionales del reciclaje de residuos de cosecha incluyen la protección contra la erosión y la rápida escorrentía, y la conservación de los nutrientes y la materia orgánica del suelo. Un beneficio indirecto es la prevención de impactos negativos sobre los ecosistemas acuáticos dado que se evita el transporte de los sedimentos hacia los cuerpos de agua dulce. El impacto favorable podría extenderse desde los sistemas agropecuarios andinos hasta los arrecifes coralinos del Caribe (Patriquin, D., comunicación. personal.) Este principio es aplicado ampliamente en los sistemas productivos diseñados por CIPAV:

- Con la eliminación de la quema de los residuos de cosecha (cogollos o puntas y hojarasca) en el cultivo agroindustrial de caña de azúcar, se adicionan al suelo hasta 60 toneladas de biomasa fresca /ha/año con 30% de materia seca. Esta práctica, copiada del cultivo de la caña para alimentación animal, se inició en 1992 en pequeños lotes experimentales (2 ha). En la actualidad funciona con éxito en unidades hasta de 200 hectáreas en el Valle geográfico del río Cauca.
- Un cultivo de matarratón (*Gliricidia sepium*) establecido en 1987 en la hacienda El Hatico con el fin de proporcionar forraje de alta calidad para la suplementación de vacas de doble propósito produce 66,3 toneladas de forraje verde, equivalentes a 15,2 toneladas de materia seca/ha/año en cuatro cortes. Un estudio de los ciclos de nutrientes en el cultivo (Gómez y Preston, 1996) no reveló ninguna deficiencia de nutrientes (N, P, K, Mg, Ca, S). Al contrario, la concentración de algunos nutrientes (P, Ca, Mg) y la materia orgánica aumentaron en un ciclo anual. A pesar de la escasa duración de los ciclos de corte, el aporte de hojarasca (equivalente a la cuarta parte de la biomasa producida), fue suficiente para mejorar las características del suelo. La conservación del nitrógeno no es sorprendente si se tiene en cuenta la asociación simbiótica de *Gliricidia* con *Rhizobium* (bacteria fijadora de nitrógeno). En cambio, se debe destacar el aumento del fósforo disponible (133 a 154 ppm), el calcio y el magnesio en un sistema que exporta grandes cantidades de biomasa.

La eficiencia en la conservación de la materia orgánica (se registró un aumento del 3 al 5% en el ciclo anual) y en el reciclaje de los nutrientes explica la falta de respuesta del cultivo a la fertilización con excretas y la estabilidad en la producción de biomasa durante diez años.

Diversidad de especies vegetales

En general, la diversidad estructural y taxonómica de especies vegetales soporta una alta diversidad de otros organismos. Es sencillo aumentar la riqueza de plantas en los subsistemas de producción. Los policultivos, potreros arborizados y potreros con sucesión vegetal, sostienen una biota variada a la vez que promueven un uso eficaz de los nutrientes del suelo. En el caso específico de los sistemas ganaderos, una mayor diversidad de plantas se promueve mediante la eliminación de quemas y herbicidas. El mantenimiento de los pastizales se efectúa a través de podas y corte selectivo de la vegetación.

- El samán (*Albizia saman*) es un árbol bello y corpulento, de copa amplia en forma de sombrilla. Proporciona sombrío al ganado sin suprimir el crecimiento de los pastos. Su fructificación durante la estación seca, coincide con el período de mínima producción y máxima lignificación de los pastos. Las legumbres caen al suelo en grandes cantidades y son consumidas por el ganado. Se ha registrado 29,3% de proteína cruda, 40,7% de carbohidratos solubles y alta digestibilidad (73,7% de la materia seca in vitro; 1,78 Mcal de energía digestible /kg) en los frutos de samán (Roncallo *et al.*, 1996). Además es un árbol particularmente rico en entomofauna. Se destaca la riqueza de especies de hormigas y la abundancia y diversidad de abejas sin aguijón (Moreno y Cardozo, 1996).
- Cerca de 100 000 hectáreas del piedemonte seco de la cordillera occidental en el Valle del Cauca están erosionadas como resultado de una actividad ganadera caracterizada por el pastoreo extensivo y las quemas anuales durante la estación seca. En una zona con pluviosidad de 750 mm/año y vientos secos de 30 a 60 km/h, el hato La Ondina funciona con animales criollos de doble propósito de la raza Hartón del Valle. En la década de 1960 se suprimieron las quemas, se efectuó la tala selectiva de los arbustos espinosos y se dejaron los arrayanes (*Myrcia* sp.). Al mismo tiempo se introdujeron gramíneas como

guinea (*Panicum maximum*) y puntero (*Hiparrhenia rufa*). Los nacimientos y cursos de agua se aislaron con cercos y se permitió el crecimiento espontáneo de vegetación arbustiva. Se hicieron divisiones de potreros para la rotación de los animales. Como resultado de este esquema de manejo, aplicado en una extensión de 260ha, hoy se observa un bosque seco espinoso que contrasta con las lomas erosionadas que lo rodean. Durante la estación seca, los animales comen la hojarasca de tres especies arbóreas, ramonean hojas verdes de árboles y arbustos (que no parecen ser fuentes importantes de alimento durante los períodos de lluvia) y consumen los frutos de seis leguminosas de la sucesión. La nutrición de las vacas se complementa con ocho forrajes de corte (6 arbustos y dos gramíneas) cultivados en una extensión de dos hectáreas (Valderrama, 1995). Con una carga animal de 0,5 cabezas/ha, este ható no sólo es una de las pocas empresas ganaderas rentables en esta vertiente de la cordillera, sino que posee uno de los más variados relictos de vegetación nativa. La Ondina, una de las pocas haciendas lecheras de la región, contribuye a la conservación de un valioso recurso genético: el ganado Hartón, un animal rústico, de excelente fertilidad, longevo y adaptado a condiciones secas.

Cultivos asociados

Las leguminosas sembradas en hileras entre cultivos aumentan la diversidad de plantas, fijan nitrógeno atmosférico y contribuyen a la conservación del agua y el suelo. Ciertas combinaciones y rotaciones de cultivos favorecen la abundancia de predadores y parásitos para el control biológico. Entre 2 000 y 2 600 metros de elevación, las tierras del altiplano norte y la región oriental del departamento de Antioquia se destinan principalmente a las plantaciones de coníferas y papa y a la ganadería lechera con animales Holstein en praderas homogéneas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*). Los suelos presentan bajos niveles de materia orgánica, bases intercambiables y fósforo disponible. Debido a que el kikuyo demanda altas cantidades de nitrógeno, se recurre con frecuencia a la fertilización química o con estiércol de porcinos. Mientras que con fertilización y suplementación de los animales con alimentos concentrados es posible tener hasta 4,5 vacas/ha y producir 7 600 litros de leche/ha/año, sin estas dos prácticas la carga disminuye a 0,7 animales/ha y la producción de leche a 2 000 litros (Tobón, 1997, Jaramillo, *et al* 1996). Las praderas fertilizadas en forma insuficiente tienden a ser

invadidas por helechos (*Pteridium aquilinum*) y pastos nativos. La incorporación de una especie fijadora de nitrógeno, que contribuya a descompactar el suelo y que además ayude a la regulación hídrica y al ciclaje de nutrientes en las praderas de kikuyo, es deseable porque permite reducir la dependencia sobre insumos externos, elimina el impacto ambiental de la fertilización química y atenúa el efecto erosivo del pisoteo del ganado. Sin embargo, la siembra directa de árboles en praderas de kikuyo es difícil, costosa y exige limpieza permanente y reemplazo constante de árboles muertos. En la finca Cien Años de Soledad, en el municipio de Rionegro, a 2 300 m de elevación, se estableció un sistema silvopastoril por medio de una rotación con cultivos. Potreros degradados e invadidos por malezas se destinan a la agricultura de fríjol voluble, maíz, papa y arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). En medio de los cultivos se siembran alisos (*Alnus acuminata*) a una distancia de 4x4 m. Los bordes de este sistema agroforestal se siembran con barreras de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), un arbusto melífero de fácil propagación y rápido crecimiento, apetecido por el ganado y a la vez atrayente de entomofauna benéfica y aves consumidoras de néctar. Los alisos pequeños se benefician del cuidado de los cultivos (preparación del suelo, remoción manual de malezas, fertilización), sin un costo adicional para el agricultor. Luego de dos ciclos de agricultura, los árboles han alcanzado un porte suficiente para tolerar la competencia con el pasto. Entonces, se interrumpen las labores de limpieza y se permite la invasión espontánea del kikuyo con el fin de renovar las praderas y restablecer el pastoreo. Los suelos, aireados, abonados y con una estructura mejorada por la incorporación de residuos de cosecha, continúan recibiendo nitrógeno y otros nutrientes por medio de la descomposición de raíces y hojarasca del aliso. De esta forma, se renuevan las praderas degradadas y se reemplaza un monocultivo dependiente de subsidios externos por un sistema silvopastoril más diverso y estable.

Setos, cercos vivos y corredores de hábitat

Un corredor es un rasgo lineal de la vegetación, que difiere de la vegetación circundante y conecta al menos dos parches (tales como fragmentos de bosque) que estuvieron unidos en el tiempo histórico (Saunders, y Hobbs, 1991). Estos elementos del paisaje tienen gran importancia para el movimiento de la fauna y la dispersión de la flora entre hábitats que de otra forma estarían aislados. Otros elementos

lineales del paisaje, tales como cercos vivos o setos de arbustos, no siempre unen fragmentos de hábitats naturales, pero tienen gran importancia para la biota local. Corredores, setos y cercos vivos prestan importantes servicios a los sistemas ganaderos y agrícolas ya que proporcionan refugio para parásitos y predadores de organismos nocivos para estos sistemas productivos. Además, contribuyen a amortiguar los extremos de sequía y humedad, previenen la erosión del suelo, incrementan la biomasa vegetal y aumentan la diversidad estructural y taxonómica de la vegetación (Pimentel *et al.*, 1992). Varios autores (tales como Montagnini *et al.* 1992 y Simón, 1996) han subrayado la importancia de cercos vivos de *Gliricidia*, *Prosopis* y otros árboles para la separación de áreas de pastoreo. Montagnini *et al.* (1992) señalan la utilización de 92 especies arbóreas como cercos vivos en Costa Rica. Los beneficios de estos cercos para los sistemas ganaderos incluyen el sombrero, la producción de forraje y frutos de alta calidad nutricional, protección contra el viento, un efecto favorable sobre los suelos, disminución de los costos de posteadura y un menor impacto sobre los bosques naturales. Además, no sólo permiten el movimiento de variadas especies, sino que proporcionan refugio para la fauna nativa, incluyendo en algunos casos, especies propias de los bosques. Los elementos lineales de la vegetación asociados a los sistemas ganaderos van desde los setos de arbustos forrajeros como nacedero (*Trichanthera gigantea*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y morera (*Morus* spp), o forrajeros ornamentales como *Hibiscus* y *Malvaviscus* (Benavides, 1994), hasta los verdaderos corredores de bosque que atraviesan áreas de pastoreo. Mientras mayores sean la amplitud, la complejidad estructural y la diversidad de especies en setos, cercos vivos y corredores, más importante será su contribución a la biodiversidad local. En el caso de los cercos vivos, la asociación de varias especies de árboles o de éstos con palmas puede favorecer a la fauna local en forma considerable. La arquitectura de las palmas (géneros *Sabal*, *Attalea*, *Syagrus* y muchos otros), permite lograr una mayor diversidad y complejidad estructural en los cercos vivos sin sacrificar la entrada de luz. Un buen ejemplo de este tipo de cerco se observa con frecuencia en el Caribe colombiano, donde se asocia el matarratón (*Gliricidia sepium*) con palmas de coco (*Cocos nucifera*). En todos los climas, es posible manejar la sucesión vegetal para crear o diversificar las barreras de vegetación. La estrategia consiste en impedir el acceso del ganado y suprimir todas las labores de limpieza, la quema y el uso de herbicidas en estos sitios. Sin

embargo, la presencia de los pastos puede frenar la sucesión vegetal durante varios años. Con frecuencia la siembra de árboles puede acelerar el proceso. La sombra, sumada a las visitas constantes de aves y murciélagos portadores de semillas, favorece el desarrollo de una vegetación diversificada. Este principio se aplica en algunas praderas de kikuyo de la zona altoandina colombiana. En la cuenca alta del río Guamués (departamento de Nariño), los campesinos siembran barreras de eucaliptos y dejan de limpiar la vegetación nativa que regenera bajo estos árboles. El resultado después de varios años es un cerco vivo con varios estratos de vegetación, productor de madera y leña y muy frecuentado por la avifauna

Uso eficiente del estiércol

El estiércol le aporta materia orgánica valiosa al suelo, contribuye a conservar los nutrientes suministrados por otros fertilizantes y por lo tanto, en forma indirecta reduce la contaminación del agua y el aire (Pimentel *et al.*, 1992). La actividad biológica del suelo se estimula a través del uso de estiércol de herbívoros, fresco o procesado por lombrices rojas *Eisenia foetida* (Ferruzzi, 1987). Se piensa que las poblaciones de artrópodos benéficos del suelo se estimulan a través del efecto del estiércol sobre las cadenas alimenticias. Existen diversas prácticas de fertilización con estiércol, que implican diferentes niveles de procesamiento y de integración entre sistemas productivos. La cantidad y calidad de nutrientes en el estiércol, que a su vez varía según la nutrición de los animales, influye sobre los ciclos de nutrientes y las cadenas tróficas del suelo. En la mayoría de sistemas ganaderos de América tropical, basados en el pastoreo de gramíneas sin suplementación (a excepción de algunos minerales), el retorno de nutrientes a través de las excretas es incompleto y su distribución no es homogénea. Los suelos de baja fertilidad natural se empobrecen a través del pastoreo continuado. El ecosistema ruminal de los bovinos alimentados exclusivamente con gramíneas no fertilizadas suele ser deficitario en nitrógeno. Por esta razón, la producción de biomasa microbiana rica en proteínas se mantiene por debajo de su potencial. La suplementación con nitrógeno mejora la productividad de los bovinos por su efecto sobre los microorganismos ruminales, que son parcialmente asimilados en una etapa posterior de la digestión (Preston y Leng, 1987). Los avances más recientes relacionados con las prácticas de suplementación nitrogenada para animales en

pastoreo, incluyen: mezclas líquidas o sólidas de úrea con melaza o vinaza (bloques multinutricionales), excretas de aves, leguminosas rastreras, árboles y arbustos forrajeros y residuos agrícolas amonificados (Preston y Murgueitio, 1992). Aunque los efectos indirectos de estas prácticas sobre el suelo no se han estudiado, se asume que las excretas enriquecidas mejoran el balance de nutrientes en las praderas. Por lo tanto, la suplementación puede tener un impacto benéfico no sólo sobre los animales sino sobre el suelo y los organismos asociados. La fertilización química con compuestos nitrogenados ha sido ampliamente estudiada y aplicada a una escala global. Sin embargo, en los últimos años se han puesto en evidencia sus efectos adversos sobre el suelo, el agua y el aire. Una opción para corregir algunos de estos efectos es la fertilización orgánica, aunque ésta también puede contaminar las aguas superficiales y profundas (de Haan *et al.*, 1997). Las prácticas más simples de fertilización de praderas con estiércol incluyen la aplicación de excretas de aves, de porcinos alimentados con cereales o de bovinos, sin tratamiento. En la reserva Pozó Verde (municipio de Jamundí, Valle del Cauca), se diseñó un sistema de reciclaje y fraccionamiento de las excretas que minimiza la pérdida de nutrientes en el agua, a la vez que genera energía renovable y reduce la contaminación bacteriana. La orina de bovinos y búfalos recolectada durante el ordeño, combinada con las excretas de porcinos, se diluye, pasa a través de biodigestores de flujo continuo y se aplica por bombeo como riego-fertilizante (40,000 m³ de solución/año en 40ha de pastos). El biogás se emplea en la calefacción de lechones y la sustitución parcial de combustible diesel para la generación eléctrica. El estiércol de vacas y búfalas (550 ton/año) se traslada a instalaciones especiales para la producción de lumbri-compuesto (Cuéllar y Zapata, 1998). En los ecosistemas donde la baja fertilidad del suelo limita la producción agrícola, el estiércol de animales en pastoreo cumple un papel clave en el establecimiento de pequeñas áreas de poli-cultivos. En las sabanas naturales oligotróficas de la Orinoquia, el estiércol se acumula durante varios años en los corrales del ganado. Con el traslado de éstos, las áreas fertilizadas se aprovechan para la siembra de plátano, yuca, árboles frutales y maderables. Además de ser vitales para la seguridad alimentaria de los llaneros, estos pequeños huertos, conocidos como topocheras, constituyen verdaderas islas de recursos para la fauna silvestre (Forero *et al.*, 1997). Algo similar sucede en la región de Chita, en la Sierra Nevada del Cocuy. En esta zona de minifundios y suelos

degradados, los campesinos alojan las ovejas durante las noches en corrales de piedra. Después de algunos años, desplazan los corrales y aprovechan estas áreas para sembrar papa asociada con habas, cubios y otras plantas. Los muros de piedra se conservan con el fin de proteger los cultivos contra las heladas (Rojas, A, comunicación personal).

Diversidad de hábitats

La diversidad física de hábitats y micro-hábitats (heterogeneidad espacial) aumenta la diversidad de plantas y animales asociados. Un interesante mosaico de hábitats se ha formado en la Reserva Pozo Verde como resultado de la combinación de sistemas productivos. Pastizales homogéneos se mezclan con potreros arborizados con pízamo (*Erythrina fusca*), praderas con sucesión de árboles nativos como samanes (*Pithecellobium saman*), chiminangos (*Pithecellobium dulce*), guácimos (*Guazuma ulmifolia*) y palma corozo de puerco (*Attalea butyracea*), pequeños guaduales (bosques de *Guadua angustifolia*), un antiguo curso de un río, siete lagos para producción de plantas acuáticas, una laguna de oxidación, canales de descontaminación de aguas, cultivos de caña de azúcar, áreas de huerto y jardín, y un humedal. Cada sector del mosaico hace parte de una unidad de producción pero a la vez ofrece recursos para diferentes especies silvestres. Un reservorio artificial de agua para la agricultura se ha transformado en un humedal productivo donde se refugian numerosas poblaciones de aves (incluyendo especies migratorias y endémicas locales), anfibios, tortugas y peces nativos. En una escala menor de heterogeneidad espacial, los charcos temporales formados por el pisoteo de los búfalos, albergan numerosas larvas de invertebrados, que son consumidas por las aves. La conservación del humedal como refugio de fauna es posible gracias a que la integración entre subsistemas productivos mejoró la eficiencia de las áreas de pastoreo y permitió la liberación de 9 ha que no generan beneficios económicos directos. Un estudio de la avifauna presente en los distintos agroecosistemas de la reserva El Hatico, muestra diferencias interesantes en la riqueza de aves, aunque se consideraba improbable detectar patrones claros en un mosaico formado por unidades relativamente pequeñas. Mientras los monocultivos de caña que circundan la reserva tienen aves de 17 especies, la caña de El Hatico, manejada sin quemas ni plaguicidas, tiene 33 especies. Se registraron 27 en un bosque de guadua, 35 en un relicto de bosque seco, 43 en un sistema silvopastoril de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) con

árboles de varias especies (predominio de algarrobo *Prosopis juliflora*), 46 en un sistema silvopastoril similar al anterior pero con un estrato adicional de vegetación arbustiva (*Leucaena leucocephala*) para el ramoneo del ganado y 56 en un sistema agroforestal antiguo que combina árboles frutales, maderables y ornamentales. En total se registraron 133 aves pertenecientes a 39 familias. Se destaca la riqueza de tiránidos (atrapamoscas), familia representada por 19 especies (14% del total). El predominio de aves insectívoras indica que el mosaico de agroecosistemas ofrece abundancia de artrópodos (Cárdenas en preparación).

Reducción en el uso de pesticidas y otros compuestos tóxicos

Los pesticidas alteran la estructura normal y el funcionamiento de los ecosistemas al eliminar una amplia gama de especies susceptibles (Pimentel *et al.*, 1992). El uso de pesticidas puede reducirse por medio de controles biológicos adecuados y prácticas agrícolas tales como la asociación y rotación de cultivos. Existe un creciente interés por reducir el uso de productos químicos para el control de garrapatas, moscas y parásitos internos, así como de medicamentos alopáticos (antibióticos, promotores de crecimiento) en los bovinos, cuya aplicación es frecuente y a veces irracional (mezclas de productos o sobredosis). Estos compuestos pueden tener consecuencias sobre la salud humana, efectos residuales e impactos nocivos sobre otras especies (Food 21, 1997), todos ellos poco documentados. Una opción para el manejo de la salud animal sin tanta dependencia sobre insumos sintéticos, es la etno-veterinaria combinada con el uso científico de las plantas medicinales (Mejía, 1995).

El manejo de la sucesión vegetal en áreas de pastoreo elimina el uso de herbicidas y permite la producción simultánea de frutos, leña y madera, sin una disminución en la producción de los pastos. El control de la vegetación se efectúa mediante podas manuales.

Los primeros cultivos asociados de forrajes para la alimentación de cerdos y ganado bovino en el municipio de El Dovio (1 750 msnm, Andes Occidentales, Valle del Cauca), incluían sólo chachafruto (*Erythrina edulis*) y nacedero (*Trichanthera gigantea*). Un brote severo de insectos minadores del follaje afectó a todos los chachafrutos, reduciendo al mínimo las hojas utilizables. Con la introducción posterior de 6 nuevos cultivos en el sistema, se logró reducir el problema a un nivel marginal.

La defoliación total y casi instantánea de los árboles de *Gliricidia* por larvas de *Azeta versicolor* (lepidóptero) es un evento normal en los

monocultivos de esta especie. El control convencional implica el uso de insecticidas de las categorías más tóxicas. En la reserva El Hatico (municipio de El Cerrito, Valle del Cauca), se practica el control biológico con *Bacillus thuringiensis*, avispas parasitoides del género *Trichogramma* y avispas depredadoras del género *Polistes*. Sin embargo, los arreglos mixtos de *Gliricidia*, *Trichanthera*, caña de azúcar y *Bixa orellana* en otros predios, nunca han requerido medidas para el control de *A. versicolor*.

Manejo apropiado de praderas

La mayor productividad del ganado se logra mediante una estrategia de manejo de los pastos que mantenga el nivel máximo de biomasa y evite el sobrepastoreo. Además de proporcionar forraje y cobertura vegetativa, los pastos productivos previenen la erosión y la rápida escorrentía del agua y a la vez contribuyen al soporte de otras especies presentes en el ecosistema (Pimentel *et al.*, 1992). Es necesario evitar el sobrepastoreo, que reduce la biomasa y la diversidad de los organismos asociados a los pastizales. Se conoce mucho sobre el valor nutritivo, los requerimientos de fertilización y el potencial de producción de biomasa de los pastos tropicales. También se han hecho avances significativos relacionados con las técnicas de manejo de los pastos, en especial la rotación de potreros con cercas eléctricas y la renovación de praderas. La asociación de gramíneas con leguminosas rastreras es uno de los campos que más atención han recibido por parte de los investigadores. Sin embargo, se reconoce un bajo impacto en la adopción por parte de los productores (Pezo *et al.*, 1992). Los resultados de estos trabajos no han sido puestos en práctica con el entusiasmo esperado dada la magnitud de la degradación de los suelos. Es necesario que los científicos que cuentan con más recursos para la investigación dirijan su atención hacia los árboles en los sistemas ganaderos, hacia sus posibilidades de hacer un uso más completo y eficiente de los nutrientes presentes en el suelo y hacia las innumerables ventajas adicionales como regulación hídrica, mitigación del estrés calórico de los animales, captación de CO₂ atmosférico, producción combinada de madera, frutas y forrajes y conservación de una parte de la biodiversidad.

La producción de biomasa del pasto estrella en El Hatico se comparó en tres sistemas diferentes: plena exposición al sol, asociado con árboles de algarrobo y asociado con *Leucaena* y algarrobo. Se registraron 22, 33 y

30 ton de materia seca/ha/año respectivamente. Sin embargo, en los sistemas silvopastoriles se logró la producción adicional de 650 kg de frutos de algarrobo en el primer caso y 400 kg de frutos más 6 ton de materia seca de *Leucaena* en el segundo. Mientras los potreros de pasto estrella con y sin algarrobo recibieron 184 kg de nitrógeno sintético/ha/año, el sistema estrella-algarrobo-*Leucaena* no recibió fertilización (Ramírez, 1997).

COMENTARIO FINAL

La urgencia de transformar los sistemas ganaderos del trópico americano es evidente. Los cambios políticos son necesarios para mejorar la equidad en el acceso a la tierra y en el caso colombiano, para des-incentivar la especulación con los predios rurales. Los propietarios que tienen un interés real en el ganado como medio de producción deben reconocer que existe un potencial biológico mayor si se hace un manejo inteligente de la naturaleza y se integra la ganadería con otros sistemas productivos. Los principios y ejemplos esbozados en este artículo son aplicables en cualquier escala y en cualquier contexto ambiental, social y cultural, siempre y cuando se identifique la forma de incorporar las variables biológicas y económicas locales en un modelo tecnológico apropiado. Por siglos hemos desarrollado una ganadería simplificada, basada en el monocultivo de gramíneas en contra de la dinámica natural de la mayoría de ecosistemas tropicales. En este modelo, los bovinos han sido un motor de la degradación ambiental. Sin embargo, no tienen por qué serlo si comprendemos el papel que pueden jugar un papel como «convertidores catalíticos móviles propulsados por energía solar» (Patriquin y Moncayo, 1991) con potencial para restablecer la fertilidad en áreas degradadas. A lo largo de millones de años de evolución, los bovinos explotaron y moldearon ambientes naturales diversificados. Por lo tanto la biodiversidad debe hacer parte de su presente y su futuro.

Bibliografía

- Bejarano, J. A.** 1988. Efectos de la violencia en la producción agropecuaria. *Coyuntura económica*, Bogotá, Vol. 18, No. 3.
- Benavides, J.** 1994. *Arboles y arbustos forrajeros de América Central*. Vol. 2, p.531-58. CATIE, Costa Rica
- Campillo** 1987. La estructura de la tenencia de la tierra y la pobreza rural en América Latina. pp 348-358. En: *Seminario Internacional de Economía Campesina y Pobreza Rural*. Ministerio de Agricultura de Colombia, Fondo de Desarrollo Rural Integrado. (Compilador: J Bustamante). Bogotá.
- Cárdenas, G** (en preparación) *Comparación de la composición y estructura de la avifauna en diferentes agroecosistemas*. Tesis de pregrado en biología, Universidad del Valle.
- Cuéllar, P. y Zapata, A** 1998. Integrated production at reserva Pozo Verde (draft). En: *Mistra-Food 21*, IFS, Fundación CIPAV *Towards a sustainable production in the 21st century*.
- DeHaan C, Steinfeld, H y Blackburn, H** 1997. *Livestock and the environment, finding a balance*. European Commission Directorate- General for Development, 115p.
- DNP**, 1996. *Política de bosques*. Documento CONPES no. 2834. Minambiente, DNP, UPA
- El Espectador**, 1995. *Indicadores de la ganadería*. Abril 23 de 1995. Bogotá, Colombia.
- Etter, A.** 1990. El Guaviare: efectos de la colonización ganadera en un área de bosque tropical amazónico. En: *Colombia, Ciencia y Tecnología*. 8(2):11-13. Colciencias. Bogotá.
- Etter A** 1997. Diversidad ecosistémica en Colombia hoy, p43-61. En: *Nuestra diversidad biológica*, CEREC, Fundación Alejandro Angel Escobar.
- Fajardo, D., Mondragón, H. y Moreno, O.** 1997. *Colonización y estrategias de desarrollo*. 169 p. IICA, Bogotá.
- FAO**, 1988. *Potentials for Agriculture and Rural Development in Latin America and the Caribbean*, Anex II: Rural poverty. FAO, Rome.
- FAO**, 1997. *Boletín trimestral de estadísticas*, 10:(1 y 2), FAO, Roma.
- Ferruzzi, C.** 1987. *Manual de lombricultura*. Mundi Prensa, Madrid.
- Food 21**, 1997. *Food 21*, a MISTRA sustainable food production program plan. Uppsala, 84p.
- Forero, J., Murgueitio, E., Barriga, M., Valencia, C., Jaramillo, M. F., Paz, J., Palomino, G., Cifuentes, E., Durana, C., Gómez, M. E., Rengifo, J. C., Velázquez, A., Tamayo, G. y Molina, E. J.** 1997. Interrelaciones ecosistémicas y socioeconómicas de los sistemas de producción de la Orinoquia, p. 261-296. En *Sabanas, vegas y palmares, el uso del agua en la Orinoquia colombiana*. U. Javeriana, CIPAV, IMCA.
- Fundación CIPAV**, 1990. Managing for biodiversity *BioScience* 40:26-33.
- Gentry, A.** 1988. *Tropical forest diversity vs. development: opportunity or obstacle*. ECOBIOS.

- Gómez, L. J. 1993. *Producción Pecuaria. Elementos bioecológicos, históricos y económicos*. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional sede Medellín, Colombia, 285 p
- Gómez, M. E. y Preston, T.R. 1996. Ciclaje de nutrientes en un banco de proteína de matarratón (*Gliricidia sepium*) *Livestock Research for Rural Development* 8:(1).
- Heath, J. & Binswanger, H. 1995. Natural resource degradation effects of poverty and population growth are largely policy induced: the case of Colombia. *Environment and Development Economics*. 1(1)
- Instituto Geográfico Colombiano Agustín Codazzi, 1988. *Suelos y bosques de Colombia*, Bogotá.
- Instituto Humboldt, 1997. *Política Nacional de Biodiversidad*, DNP, Ministerio del Ambiente, Colombia.
- Jaramillo, J. A., Loaiza, A. & Quirós, J. E. 1996. Tipicación del sistema de producción papa-pastos-leche en el oriente antioqueño. ICA, CorpoIca, Pronatta. *Boletín de investigación* No. 4, Medellín, 30p.
- Jarvis, L. S. 1986. *El desarrollo ganadero en América Latina. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento*, Banco Mundial. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Montevideo, Uruguay, 258 p.
- Malaisse, F. 1993. The ecology of the Zambesian dry evergreen forest with recommendations for conservation. In: H. Lieth and M. Lochmann (eds.) *Restoration of tropical forest ecosystems*, Kluwer. Ac. Pub.
- May, R. 1988. How many species are there on earth? *Science* 242: 1441-1449.
- Mejía, J. 1995. *Manual de alelopatía básica y productos botánicos*. Sinproagro, Bogotá, Colombia, 84p.
- Molano, A. 1990 *Selva adentro, una historia oral de la colonización del Guaviare*. El Ancora Editores, 138p.
- Montagnini, F. et al. 1992. *Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos*. OET, Costa Rica, 622 p.
- Moreno, F. y Cardozo, A. 1996. Las abejas sin aguijón: ubicación y reconocimiento, sus relaciones con el bosque y alternativas de manejo. En: *Investigación y manejo de fauna para la construcción de sistemas sostenible*. MDSSA pp 143- 155, Fundación CIPAV (edición), Cali.
- McNeely, Miller K, Reid W, Mittermeier R & Werner T 1990. *Conserving the world's biological diversity*. IUCN, WRI, CI, WWF-US, World Bank, 193p.
- Patiño, V M 1965. *Historia de la actividad agropecuaria en América Equinoccial*. Cali, Imprenta departamental del Valle, 601p.
- Patiño, V M 1970. *Plantas cultivadas y animales domésticos en América Equinoccial*, Tomo 5, Imprenta departamental del Valle, 381p.
- Patriquin, D. G. y Moncayo, F. 1991 Cerrando el ciclo de los nutrientes, conceptos obtenidos de la agricultura orgánica. En: Zapata, A y Espinel R (editores) *Sistemas agropecuarios sostenibles y desarrollo rural para el trópico*. Tomo 1 Fundación Cipav, 134p.
- Pezo, D., Romero, F. y Ibrahim, M. (1992) Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne, p47-98. En: Fernández-Baca (editor) *Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano*, FAO, Santiago de Chile.

- Pimentel, D., Stachow, U., Takacs, D., Brubaker, H. W., Dumas, A. R, Meaney, J. J., Oneil, A. S., Onsi, D. E. & Corzilius, D. B. 1992. Conserving biological diversity in agricultural and forestry systems *BioScience* 42(5).
- Preston, T. R. & Leng, R. A. 1987. *Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics*. Penambul Books, Australia, 245p.
- Preston, T. R. & Murgueitio, E. 1992. *Strategy for sustainable livestock production in the tropics*. CIPAV, SAREC, Cali, Colombia, p. 89.
- Ramírez, H. 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. En: *Sistemas sostenibles de producción agropecuaria* (Memorias electrónicas), CIPAV, Cali, Colombia.
- Roncallo, B., Navas, A. y Garibella, A. 1996. Potencial de los frutos de plantas nativas en la alimentación de rumiantes. En: *Sistemas silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y CONIF. p81-92
- Saunders, D. A. & Hobbs, R. J. 1991. The role of corridors in conservation: what do we know and where do we go? En: Saunders, D. A. & Hobbs, R. J. (eds) *The role of corridors*. Surrey Beaty & Sons.
- Simón, L. 1996. Utilización de árboles leguminosos en cercas vivas y en pastoreo, pp 31-42. En: *Sistemas silvopastoriles: alternativa para una ganadería moderna y competitiva*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y CONIF.
- Tobón, J. A. 1997. *Entorno agroecológico y socioecológico del altiplano norte de Antioquia*, CorpoIca, Informe técnico No 3, Medellín, 28p.
- Valderrama, M. 1995. Silvopastoreo con ganado criollo Hartón del Valle en áreas de regeneración natural del piedemonte seco de la cordillera occidental del Valle del Cauca. En: *Sistemas pecuarios sostenibles para montañas tropicales*, p253-260.

Comentarios

Jorge Combellas

En las conferencias y comentarios hasta la fecha han surgido varias estrategias para transformar los sistemas pastoriles existentes que van desde el cambio total de los sistemas incluyendo a las especies animales hasta la introducción de mejoras individuales asociadas a árboles y arbustos en los sistemas actuales. Si bien todos ellos pueden ser útiles, ante una limitación de recursos hay que hacer énfasis en algunas estrategias y en ello comparto el comentario 2 de Salvador Hernández: es más factible convencer a un ganadero de introducir una mejora que inducirlo a cambiar totalmente el sistema. Muchos de los ejemplos presentados por Murgueitio y Calle son en este sentido. Me parece utópico pensar en revertir a bosques las extensas zonas con pastizales, si no hemos sido capaces de detener el proceso de deforestación.

Este último punto, aunque sale del contexto de esta conferencia, es de singular importancia. La magnitud de la deforestación sobrepasa ampliamente los tímidos intentos por revertirla. Y no es sólo en la Amazonia, foco de interés de la opinión mundial, sino en cualquier punto donde levantamos la vista en nuestro medio, que observamos impotentes como avanza la tala de bosques.

Se da como un hecho que hay deficiencias de N degradable en dietas a base de gramíneas sin suplementación. Ello es cierto en muchas gramíneas nativas y en residuos agrícolas fibrosos. Pero en pastos introducidos y sin limitaciones de oferta la concentración de N amoniacal en el líquido ruminal generalmente no es limitante para la actividad microbiana y por ello la frecuente ausencia de respuestas en vacas de doble propósito a la suplementación con este nutriente. La incorporación de follaje de leguminosas arbustivas a la dieta puede tener otros objetivos en estos casos, tales como sustituir alimentos concentrados, uso como forraje complementario en períodos de escasez, etc. Además de las múltiples ventajas para el sistema señaladas en la primera conferencia.

Elizabeth Olivares

Los ecólogos han estado haciendo llamadas de alerta sobre la insostenibilidad de la agricultura tradicional. Se han sugerido estrategias de manejo con base ecológica que incrementen la sostenibilidad de la agricultura (Matson *et al.*, 1997). La agricultura tradicional de

monocultivos ha conllevado a tala de árboles, uso intensivo de fertilizantes químicos y pesticidas, gastos altos de combustibles fósiles utilizados en el transporte de insumos y productos que se ha traducido en deterioro de la calidad de las aguas, incremento de CO₂ y óxido nitroso con consecuencias en el clima. Vitousek *et al.* (1997) han señalado que no existen en el planeta ambientes no alterados por el hombre. No se trata de tener ambientes intocables y gente muriéndose de hambre, sino que se han cuantificado cambios climáticos, pérdidas en la diversidad biológica y pérdidas de ecosistemas a los cuales no podemos ser indiferentes. Aunque la restauración de ecosistemas naturales y una agricultura con menos impacto a nivel de gases en la atmósfera y en los recursos hídricos se ha señalado como una necesidad, su realización se hace difícil por las implicaciones económicas a corto plazo. Murgueitio y Calle demuestran en su conferencia mediante ejemplos concretos los efectos negativos de la agricultura tradicional y la posibilidad de una alternativa en nuestros ecosistemas. La baja fertilidad de muchos de nuestros suelos y las plagas hacen tan difícil la vida del agricultor que muchos prefieren dedicarse a trabajos menos ingratos. La agroforestería no parece algo fácil por requerir además de tiempo y asesoría. Parece posible solo con la ayuda económica de fundaciones, el estado, etc. El hecho que la Fundación CIPAV haya logrado éxito en 10 años de trabajo es un estímulo. Ellos han producido mejoramiento de la calidad de vida de un sector de la población anteriormente golpeado, han trabajado en la recuperación de sus ecosistemas, han hecho una labor de educación a distintos niveles, han producido información científica valiosa no solo por su aporte intelectual sino por su aplicación inmediata y han sabido comunicar sus logros a nivel internacional.

Por último quiero llamar la atención sobre la importancia de la investigación. Por ejemplo: conocimiento de la bioquímica y fisiología de los árboles tropicales debería ampliarse en el sentido de tener información sobre las especies idóneas en cada caso, el momento estacional óptimo de cosecha en términos de contenido de carbohidratos no estructurales y proteínas, la concentración de compuestos antiherbívoros que acomplejan las proteínas, el efecto del factor fuego, etc.

- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., & Swift, M.J. 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Sci.* 277:504-9.
- Vitousek, P.M., Mooney, H.A., Lubchenco, J., & Melillo, J.M. 1997. Human domination of Earth's ecosystems. *Sci.* 277: 494-99.

Enrique Murgueitio y Zoraida Calle**Sobre los comentarios de Jorge Combellas, Salvador Hernández, Daniel Omar y Elizabeth Olivares**

Coincidimos en que la deforestación es el fenómeno ambiental más grave y acelerado en América Tropical, no sólo en la Amazonia. Las cifras recientes son claras (WRI 1996, Winograd *et al* 1995, De Haan *et al*, 1997). Existen tres formas de contrarrestar la deforestación: a). frenar su avance; actuando sobre los fenómenos sociales que la desencadenan; b). conservar áreas libres de intervención antrópica significativa, y c). rehabilitar o restaurar áreas degradadas para que recuperen su capacidad de generar bienes y servicios ambientales. Mantener para las generaciones futuras una porción de los ecosistemas naturales y de la biodiversidad que resguardan implica la aplicación conjunta de los tres tipos de estrategias. Cada caso específico, con su mezcla de ingredientes sociales y ambientales, exige énfasis diferentes. Por ejemplo, la zona Andina colombiana, que conserva sólo la quinta parte de sus bosques y muestra síntomas claros de deterioro de los suelos, requiere la preservación de las áreas con cobertura boscosa y la restauración de bosques. Esto podría lograrse si se mejora la eficiencia de la producción en las zonas más fértiles y se liberan las áreas frágiles para la sucesión vegetal. En la conservación de áreas (parques y reservas) se invierten crecientes recursos humanos, financieros y políticos y hay ejemplos de todo tipo en América Latina. Sobre procesos de restauración hay menos ejemplos, en parte debido a su costo y a las decisiones que deben tomarse, en especial el «sacrificio» sobre la economía de corto plazo de algunos sectores de la sociedad. Sin embargo debemos llamar la atención sobre el hecho de que la cobertura de todos estos esfuerzos llega en el mejor de los casos al 10 o 15% de las áreas que requieren protección o rehabilitación ecológica. El resto del territorio sigue en conflicto de uso y la ganadería aparece a la cabeza de estos conflictos. Pensamos que si se trata de priorizar esfuerzos y recursos escasos, es urgente dirigirlos a frenar la frontera agropecuaria a través de la transformación de sus procesos caracterizados por el daño ambiental y la ineficiencia biológica y socioeconómica.

Agradecemos el reconocimiento que hace Elizabeth sobre el trabajo de CIPAV, dirigido a corroborar la viabilidad de esta idea. Lamentablemente, debemos reconocer que los resultados sólo alcanzan a impactar una minúscula proporción del territorio afectado. Aunque estamos satisfechos con los logros dado nuestro carácter de pequeña ONG, creemos urgente que otros actúen rápido y sin tanta desconfianza

hacia el potencial de nuestros propios sistemas. Esta es la mayor enseñanza de los productores con quienes hemos trabajado.

El comentario de Salvador Hernández sobre la mano de obra en los sectores rurales ha tenido una excelente respuesta de Daniel Omar, quien demuestra en distintas situaciones que los campos no están condenados necesariamente a manejarse sin mucha gente. La compartimos por completo. Queremos agregar que hay una situación reciente que no mencionó Omar: numerosas personas están migrando de la ciudad al campo ante la frustración por las oportunidades que no encontraron. La mayoría de ellas son jóvenes, lo que demuestra que no es sólo la nostalgia del campesino que abandonó su tierra como lo afirma el estereotipo. Para cosechar el café o las hojas de coca se pagan salarios superiores al mínimo urbano y rural. La respuesta es inmediata. Verdaderas legiones de proletarios aparecen en las regiones que demandan mano de obra, muchas veces sin publicidad. Este hecho nos hace pensar que es necesario mejorar la calidad del empleo rural en todas las situaciones (familias campesinas, asalariados de empresas agroindustriales y ganaderas) y que los sistemas ganaderos tienen una deuda social que no puede excusarse con el argumento de que no hay mano de obra. Si en el pasado las regiones ganaderas fueron expulsoras de gente, en el futuro deben ser polos de atracción y generación de empleo de calidad. Los sistemas agroforestales son una de las mejores opciones para el aporte social de esta actividad. Un ejemplo indica que esto es posible. Con menos de siete hectáreas dedicadas a la actividad ganadera, la reserva El Ciprés (un predio campesino) genera 10 empleos directos adicionales a la familia, en una zona donde el desempleo rural se acerca al 20%.

De Haan, C., Steinfeld, H., Blackburn, H. 1997. Livestock and the environment. European Commission Directorate-General for Development, Development Policy Sustainable Development and Natural Resources, 115p.

Winograd, M. 1995. Indicadores ambientales para América Latina y el Caribe: hacia la sostenibilidad en el uso de las tierras. GASE. Proyecto IICA-GTZ-OEA-WRI. San José de Costa Rica, 84p.

World Resource Institute 1996. World Resources, 424p.

Roberto Sánchez y Gustavo Febles

Creemos que hubiera sido importante comentar acerca de la importancia de los estudios de genética y de conservación de germoplasma así como hacer énfasis en la introducción de sistemas silvopastoriles sin interrumpir

el proceso productivo de la unidad pecuaria. No obstante, aborda un grupo muy importante de modalidades para introducir árboles en la ganadería. Hubiera sido bueno abordar el impacto económico y social derivados de la introducción de los sistemas lo que es fundamental en la interpretación holística de estas disciplinas. Quisiéramos comentar que el aumento de la biodiversidad es un principio fundamental para lograr la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios tropicales y no debe ser evaluada de manera arbitraria y desde un punto de vista cuantitativo ya que en ocasiones este elemento trae consigo la aparición en el ecosistema de especies de bajo valor nutritivo y productivo.

Se hace referencia al departamento de Antioquia donde se logran en sistemas ganaderos mantener hasta 4,5 animales/ha y 7 600 litros de leche/ha/año con tecnologías que incluyen el empleo de fertilización química y suplementación con concentrados para los animales. Cuando no se aplica este tipo de tecnología la carga no sobrepasa 0,7 cabezas/ha y 2 000 mil litros/ha/año. En ambos casos se manifiestan marcados rasgos de insostenibilidad y degradación ambiental. Sin embargo en el primero al menos se logra un significativo nivel productivo y se conoce que el principal reto de la actividad agropecuaria en la actualidad, en satisfacer las necesidades alimenticias de una población en crecimiento además de una reducción de las superficies agrícolas.

Como ejemplo de alternativa a esta situación se plantea la implantación de un sistema agroforestal en que los árboles se establecen en un sistema de rotación de cultivos en la Finca Cien Años de Soledad en el municipio Río Negro. Aunque se exponen algunos resultados que demuestran la recuperación de las áreas bajo este manejo no se brindan los resultados productivos de este nuevo sistema que si bien tiene evidentes ventajas ambientales, necesita para ser verdaderamente deseados niveles de producción sostenibles que contribuyan a satisfacer las actuales necesidades de la población.

Danilo A. Pezo

Disculpen que algo tardíamente envíe algunos comentarios relacionados con la excelente contribución de Enrique Murgueitio y Zoraida Calle, titulada «Diversidad biológica en sistemas de ganadería bovina en Colombia». Aún cuando ya hemos recibido la contribución de los colegas de Cuba y el trabajo sobre Palmas, espero mi participación sea aún oportuna, máxime que siento hubieron pocas reacciones a un tema tan relevante como el presentado por los colegas del CIPAV.

Aún cuando los autores se refieren específicamente a la realidad colombiana, me parece que con excepción de unas pocas situaciones particulares que aplican a Colombia, el mismo es bastante extrapolable a lo que sucede en la mayoría de países de América Tropical.

Cuando se habla de la diversidad biológica, los autores hacen referencia a la riqueza de Colombia y Brasil en este campo, sin embargo la riqueza biológica es también atributo del resto de países tropicales de América del Sur y de Mesoamérica. Incluso, algunos de los países más pequeños, como Costa Rica por ejemplo, son más ricos cuando la diversidad biológica se expresa en términos de densidad (número/km²) (Vaughn y Mo, 1994).

Creo todos coincidimos en la importancia de la biodiversidad biológica del trópico, pero me parece en algunos casos se piensa que su conservación es responsabilidad de las comunidades indígenas, los productores pobres desplazados a las áreas de frontera agrícola, los ganaderos medianos y grandes, o de los grupos conservacionistas. Igualmente, muchas veces parece se ve esto como responsabilidad exclusiva de los gobiernos de los países del Tercer Mundo. Y cuando hablo de **responsabilidad** no me refiero sólo a la «denuncia cuando esta es afectada», sino también al **pagar por ella**. En años recientes han surgido algunos mecanismos en esta última dirección (p.e. Intercambio de Deuda por Naturaleza, Bonos por Captación de CO₂ o por producción de O₂, Impuestos a los Combustibles), los mismos que a nivel nacional se viabilizan en «incentivos» para promover la conservación de áreas de bosque o la reforestación. Sin embargo, donde con frecuencia se falla es en la **equidad** en la distribución de dichos beneficios. Un ejemplo que ilustra esto es el caso de los Certificados de Abono Forestal en Costa Rica, los mismos se aplicaban por hectárea de terreno reforestado, en lugar de por número de árboles plantados. Esto obviamente dejaba por fuera a los pequeños productores, quienes la única opción que tenían de incorporar árboles en sus fincas era en las cercas vivas o en linderos, pues sus limitaciones de terreno no les permitían tener los árboles en rodales. Tampoco calificaban para el incentivo diversas formas de introducción de árboles en sistemas agroforestales.

En cuanto al análisis de la relación entre la ganadería y la deforestación que hacen Murgueitio y Calle, en buena medida las causas identificadas por ellos coinciden con lo sucedido en América Central (Kaimowitz, 1996). Quizás una característica diferencial de América

Central es el impacto que tuvo la apertura del mercado de los EEUU a las importaciones de carne de esta región en las décadas de los 60's y 70's, y sus consecuencias en la deforestación, lo cual se ha dado en llamar la Conexión de la Hamburguesa (Myers, 1981). Lo importante es que en los 90's han disminuido la tasa de deforestación en la región (Kaimowitz, 1996); incluso datos del Centro Científico Tropical evidencian que en Costa Rica esta tasa ha sido de 0% en 1997. Obviamente esto no significa que se ha detenido la tala de bosques naturales, sino que la reforestación es equivalente a la tala. Lo que sí sabemos es que la deforestación de los remanentes de bosque natural ha disminuido significativamente y hay una participación cada vez más importante de las plantaciones forestales en la producción de madera para aserrío.

Quizás preguntas claves son: ¿en qué medida esas plantaciones forestales (frecuentemente monófitas y con especies de rápido crecimiento) soportan poblaciones importantes de la biota local?. Por otro lado, si se aceptan como válidos los conceptos de Ecología Insular (Fragmentación de Hábitats) de Wilcox (1980) ¿qué contribución pueden hacer a la conservación de la biodiversidad el establecimiento de opciones silvopastoriles -por más complejas que sean en su composición-, cuando estas se hacen en «fincas aisladas», como algunos de los ejemplos citados en el trabajo de Murgueitio y Calle?.

Por si acaso, con esto último no digo que los esfuerzos del grupo CIPAV son irrelevantes, sino por el contrario, que estos se potenciarán en la medida que esas experiencias se apliquen a un nivel mayor (e.g. «regional»), lo cual supone la participación de grupos organizados, quizás promovida inicialmente por algunas políticas de incentivos.

- Kaimowitz, D. 1996. Livestock and deforestation. Central America on the 1980s and 1990s: A policy Perspective. CIFOR Special Publication, Jakarta, Indonesia. 88 p.
- Myers, N. 1981. The Hamburger Connection: How Central America's Forest Became North America's Hamburgers. *Ambio* 10: 3-8.
- Vaughn, C. y Mo, C. 1994. Conservando la biodiversidad: Interfases con producción animal. In: Ganadería y Recursos Naturales en América Central: Estrategias para la Sostenibilidad. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 175-194.
- Wilcox, B. 1980. Insular ecology and conservation. In: Conservation Ecology: An Evolutionary-Ecological Perspective. Sinauer Associates, Sunderland, Mass. pp. 95-117.

Zoraida Calle y Enrique Murgueitio**Respuesta a los Comentarios de D. Pezo, R. Sánchez y G. Febles**

La teoría de biogeografía de islas de MacArthur y Wilson tiene aplicaciones de indudable importancia en la biología de la conservación, pero también tiene limitaciones importantes. No todos los fragmentos de hábitat se comportan como islas oceánicas, aisladas por un mar que constituye una barrera insalvable para los organismos. Diferentes tipos de matrices determinan diferentes grados de aislamiento, o dicho en forma más positiva, diferentes configuraciones de la matriz favorecen distintos grados de conexión (**connectivity** en la literatura especializada actual) entre fragmentos de hábitat. Algunos tipos de matriz son, de hecho, barreras infranqueables para ciertos organismos pero no para otros. Por ejemplo, los pastizales homogéneos son barreras para el movimiento de varias aves frugívoras del bosque, pero no lo son para los murciélagos frugívoros. El punto que quisimos destacar en nuestro artículo es que a través de sistemas productivos de mayor complejidad estructural y taxonómica es posible lograr (en la matriz que circunda los fragmentos), una modificación que favorece el movimiento de ciertos organismos. Una matriz agroforestal o silvopastoril contribuye a atenuar la insularidad de los fragmentos de bosque, como lo sugieren los datos de El Hatico citados en nuestro artículo. La misma tendencia la sugieren otros estudios centrados en la distribución espacial de hormigas (como Roth *et al.*, 1994). El estudio clásico de Klein (1989) sobre la distribución espacial de los escarabajos coprófagos en fragmentos de bosque en la Amazonia brasileña, muestra como la insularidad de los fragmentos, es decir su aislamiento con respecto a otros, es absoluta cuando la matriz es de pastos pero disminuye cuando la matriz es un rastrojo (regeneración natural) de sólo dos años de edad.

Es importante destacar (ya que el énfasis nunca es suficiente) que la mayor parte de la diversidad biológica del planeta está conformada por artrópodos. Cuando afirmamos que los sistemas agroforestales y silvopastoriles pueden hacer contribuciones significativas a la conservación de la biodiversidad no estamos afirmando que éstos puedan soportar poblaciones viables de grandes vertebrados, sino que pueden sostener poblaciones de plantas con su complemento de herbívoros, parasitoides y demás organismos, la mayoría de ellos con menos de un centímetro de diámetro. Para muchos seres vivos, los hábitats productivos de una finca de tamaño pequeño no son fragmentos sino universos.

Además, es necesario tener en cuenta la movilidad de los organismos. Muchas especies se desplazan libremente entre fragmentos de hábitat.

Sobre la importancia de estudios genéticos y de conservación de germoplasma (señalada por Roberto Sánchez y Gustavo Febles en su comentario), podemos decir que instituciones nacionales e internacionales han hecho contribuciones importantes al conocimiento de varias especies de pastos, leguminosas rastreras y en menor proporción, árboles y arbustos forrajeros. La conservación *ex situ* es sólo una de las formas de preservar y utilizar la biodiversidad. Nuestra principal crítica a esta estrategia de conservación es que aísla a las especies y variedades de su contexto ecológico (sus especies acompañantes, su complemento de herbívoros, parasitoides y demás), social y productivo. Otra desventaja de importancia fundamental es el costo de establecer y mantener bancos de germoplasma *ex situ*. Los costos implican que sólo entidades con presupuestos muy altos pueden hacer este tipo de conservación. Para compensar estos costos, es necesario hacer investigación cada vez más sofisticada (tipo ingeniería genética), que sólo empresas multinacionales, centros internacionales y gobiernos muy conscientes de la importancia del avance científico en la agricultura (como el cubano), están dispuestos a seguir financiando. CIPAV es una organización muy pequeña, con pocos recursos financieros. Nuestra investigación sobre la variabilidad genética en el nacedero (ver artículo de Ríos y Rosales en esta teleconferencia), responde a la necesidad de caracterizar materiales genéticos muy heterogéneos. Se hacen colecciones (conservación *ex situ*) pero éstas no son centralizadas en una institución sino que son manejadas y compartidas con libertad por los productores.

El comentario de Sánchez y Febles señala también la inconveniencia de permitir la presencia de especies «de bajo valor nutritivo y productivo» en las áreas de pastoreo. Consideramos válido preguntar: ¿bajo valor nutritivo y productivo **para quién**? ¿Acaso sólo es necesario tener en cuenta los requerimientos de los bovinos? ¿Qué ocurre, por ejemplo si esas mismas especies «de bajo valor nutritivo y productivo» producen abundantes recursos para abejas productoras de miel, búfalos, parásitos naturales de plagas agrícolas y demás organismos benéficos asociados al sistema de producción? ¿No sería acaso más inteligente estudiar y aprovechar el aporte de estas especies de bajo valor nutritivo y productivo? ¿Cuánto cuesta, (o mejor, cuánto vale) un litro de miel de abejas obtenido como producto secundario de un sistema silvopastoril?

Muchas de las especies que en la actualidad son elementos fundamentales de los sistemas agropecuarios diseñados por productores vinculados a CIPAV (por ejemplo, el botón de oro, *Tithonia diversifolia*, y el algarrobo, *Prosopis juliflora*) fueron considerados malezas abominables en el pasado por algunos profesionales y ganaderos.

Estamos de acuerdo en que los temas económicos y sociales son fundamentales en los análisis de tipo holístico. De hecho todo nuestro esfuerzo al principio del trabajo se basa en el estudio de las relaciones entre ganadería y diversidad, tema que se retoma en las conclusiones finales, donde además se insiste en que para superar los conflictos entre ganadería y medio ambiente, la atención debe centrarse en resolver los problemas sociales y políticos generados por la concentración de la tierra, la baja oferta de empleo y la producción ineficiente de alimentos (por la baja producción biológica o por el exceso de insumos externos). No incluimos datos económicos en los ejemplos para no prolongar el artículo y porque algunos serán citados más adelante en otros documentos de esta teleconferencia (por ejemplo el caso de El Hatico). Para nosotros es claro que en el caso ganadero, la diversidad biológica es compatible con la economía no solo de mediano y largo plazo, también en lo inmediato.

En el ejemplo de Antioquia, no tenemos el análisis total de las cifras biológicas ni económicas debido a que es una experiencia que lleva poco tiempo. Hasta ahora podemos decir que el comportamiento de la pradera con el aliso es similar al monocultivo de kikuyo con mediana fertilización química u orgánica, por lo cual esperamos comportamientos del sistema animal intermedios entre los dos extremos mencionados. Si los animales recibieran las dosis de concentrado comercial que se les ofrecen en los sistemas más intensivos de la región, no tenemos duda de que este sistema podría alcanzar parámetros equivalentes en producción de leche e incluso en carga animal/ha. Pero ese no es el objetivo del productor que está realizando el cambio tecnológico, ni tampoco el nuestro. Es bueno decir que hay referentes mejor desarrollados para este ejemplo. En Costa Rica Montagnini *et al.* (1992, p.84) citando a Russo (1990) menciona que el sistema de producción de leche asociado con Jaúl (el mismo aliso, *Alnus acuminata*) en la región central cercana a San José, ocupa alrededor de 50 000 ha. Ellos tienen mejores cifras de producción de pastos, leche y madera, pero desconocemos si existen trabajos sobre la diversidad biológica asociada y sobre el mejoramiento de suelos o los efectos positivos de no aplicar fertilizantes químicos. Sería interesante que

algunos de los investigadores centroamericanos que siguen la teleconferencia aporten comentarios en este sentido.

Sobre la responsabilidad en la conservación de la diversidad biológica, coincidimos con el doctor Pezo en que ésta debe ser compartida por toda la sociedad humana y en buena medida financiada por quienes tienen el poder económico en los países desarrollados y en nuestros países. Sin embargo, estamos convencidos de que los esfuerzos de carácter global como los acuerdos de Río 92 y la reciente cumbre sobre el cambio climático de 1997 están lejos de incidir con la intensidad necesaria para revertir las tendencias que afectan a la riqueza biológica. Creemos que hay mucha responsabilidad en los propios actores que intervienen los territorios biodiversos y que se pueden hacer cambios que beneficien al sistema productivo, y en forma indirecta, a los procesos naturales, sin necesidad de depender de proyectos y financiaciones externas (que muchas veces no llegarán).

Sobre los análisis económicos y los negocios asociados a la diversidad, nos parece importante el desarrollo de mercados nuevos para los bienes y servicios ambientales (captación de CO₂, incentivos a la regulación hídrica) y el crecimiento de otras actividades complementarias a la actividad ganadera como ecoturismo y agroturismo. Estas actividades podrían ser parte de la diversificación ganadera en que tanto insistimos. Pero también coincidimos con el doctor Pezo en que la distribución es inequitativa. En el caso colombiano el Certificado de Incentivo Forestal (copia del modelo chileno) sólo beneficia a las plantaciones homogéneas de pinos y eucaliptos y es estímulo se concentra en un número mínimo de grandes empresas privadas. En cambio el Certificado de Incentivo a la Conservación de Bosques Nativos, a través del cual algunos ganaderos con relictos boscosos podrían obtener beneficios por su labor de conservación, existe desde 1997 pero todavía no se aplica porque carece de financiación. Los programas de reforestación de microcuencas con recursos del Banco Interamericano de Desarrollo privilegian la siembra convencional de bosques bajo modelos que excluyen los sistemas agroforestales y la sucesión vegetal. Nunca financian sistemas silvopastoriles ni cultivos de árboles y arbustos forrajeros. El agro y el ecoturismo en fincas ganaderas son actividades que requieren inversiones financieras, infraestructura local y regional, además de una intermediación (las empresas operadoras de turismo), factores que limitan

el negocio a ciertas condiciones, no precisamente de pequeños campesinos.

Una aclaración importante de tipo político es que la distribución de los recursos internacionales no es uniforme ni mucho menos equitativa en la región. Países pacíficos como Costa Rica concentran gran parte de estos fondos mientras que países en guerra y estigmatizados como el nuestro, tienen acceso a fracciones mínimas, esto sin mencionar siquiera el caso cubano. No es realista en nuestras condiciones esperar soluciones de afuera. Tampoco es realista esperarlas del gobierno nacional. Como opción nos queda trabajar en forma individual con productores poseedores de un sentido ético de respeto por la vida. Por esta razón, no nos preocupa presentar ejemplos de «fincas aisladas». Los procesos perdurables de cambio cultural se construyen de abajo hacia arriba. En el caso de la aplicación de principios para reducir el impacto de la ganadería sobre la diversidad biológica, reafirmamos que los ejemplos deben ser locales para que tengan la posibilidad de irradiarse en contextos agroecológicos y socioeconómicos similares. En este sentido destacamos el papel que tienen las fincas «aisladas» (el término es un juicio a un momento en el tiempo que puede cambiar en el futuro) en procesos de ordenamiento ambiental del territorio (ver artículo de Siadeguian, Rivera y Gómez, en esta teleconferencia). Este ordenamiento, que no es otra cosa que la aplicación del conocimiento y la planificación espacial, debe ser concertado con las unidades que gobiernan el territorio (quien gobierna es quien decide y en nuestro caso el que menos decide es el Estado o sus funcionarios). De lo contrario, no funcionará. Las unidades son los predios. En ellos se realizan las actividades ganaderas que deben transformarse mediante la combinación de medidas que incentiven unas actividades y limiten o restrinjan otras. En la medida en que se avance en el ordenamiento ambiental participativo, tendremos la multiplicación de los ejemplos que mencionamos. En el caso de la Reserva El Ciprés, más de diez predios campesinos han copiado lo que se inició hace años gracias a la decisión de cambio de Tiberio Giraldo, sin apoyo estatal. En términos de la ecología del paisaje, ya hay conexión entre fragmentos de bosques. La matriz dominante de pastizales fue reemplazada por una combinación de coberturas vegetales que fomentan la diversidad. Sin el ejemplo individual pionero y local, jamás se hubiera convencido a otros campesinos de cambiar. Además El Ciprés es visitado por incontables

productores de tosas las escalas y de muchos lugares, que adoptan y transforman los principios a sus condiciones ambientales y sociales.

Klein, B. C. 1989. Effects of forest fragmentation on dung and carrion beetle communities in Central Amazonia. *Ecology* 70(6):1715-1725.

Montagnini, F. *et al* 1992. Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos. /segunda edición/ OET, 622p.

Roth, D. S., Perfecto, I., Rathcke, B. 1994. The effects of management systems on frong-foraging ant diversity in Costa Rica. *Ecological Applications* 4(3):423-436.

Elizabeth Olivares

Sobre la respuesta de E. Murgueitio y Z. Calle

Sobre el aspecto político, económico y social me gustaría comunicarles algunas experiencias que tienen que ver con este tema y que han sido relatadas en el último número de la revista de la Sociedad Venezolana de Ecología, *Ecotropicos* 9 (2) 1996, (los números de la revista tienen retraso por razones presupuestarias y salieron este año). Los trabajos habían sido presentados en el Seminario-Taller: Manejo Agroecológico de Sabanas. El evento tuvo lugar en Valle de la Pascua, Venezuela en 1995 y participaron Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, así como Canadá.

En Venezuela se han aplicado por varios años técnicas agrícolas que requieren insumos altos, tales como fertilización química, mecanización y uso de agroquímicos. Esto ha sido posible por nuestros recursos económicos y por una política de subsidios establecida por el Estado en el sector agropecuario. Sin embargo este tipo de agricultura ha producido pérdida de la capacidad productiva de los suelos de las sabanas, donde se encuentra la mayor parte de nuestra ganadería bovina. Se han presentado problemas de erosión, contaminación y compactación de suelos. Por otra parte la agricultura no se ha sostenido cuando los subsidios gubernamentales han sido eliminados. Este problema ha sido discutido por López-Hernández y Ojeda (1996) y estos autores proponen diversas alternativas agroecológicas de manejo como cultivos adaptados, uso de roca fosfórica, estímulo de la biofertilización, etc., así como sistemas de acumulación y transformación de la materia orgánica, tales como lombricultura, uso de coberturas y abonos verdes, uso de materia orgánica equina y bovina, porquinaza, gallinaza, etc. Por otra parte Mata *et al.* (1996) describen también una serie de estrategias de bajos insumos para la utilización de las sabanas y entre sus ejemplos encontramos una ganancia de peso del ganado (muntas de 22 meses de edad) durante la época seca, por suplementación de la alimentación con bloques de

Gliricidia sepium y roca fosfórica. Observaron una ganancia de peso de + 300 g/d, mientras que los controles que se alimentaban con el pasto nativo (*Trachypogon* sp.) perdieron peso (- 182 g/d). García-Guadilla (1996) describe un incipiente movimiento agroecológico venezolano y denuncia un desinterés de la comunidad científica y del Estado, señala que .. «la falta de vinculación que existe entre la comunidad científica nacional y el movimiento agroecológico ha incidido en la escasa legitimidad que tiene el movimiento frente a los organismos del Estado encargados del diseño de las políticas agrícolas.» Afortunadamente hay algunas excepciones como este número de Ecotrópicos lo demuestra, sin embargo es un problema que es necesario solucionar. Otro aspecto importante abordado por García-Guadilla es que «las experiencias de las comunidades ancestrales indígenas no se han sistematizado, a pesar del aporte que pudiesen hacer en el desarrollo de la agroecología».

A manera de ejemplo, los indios Guarao del Delta del río Orinoco basan su cultura en la palma moriche de la que utilizan los frutos, tronco, hojas para construcción de los palafitos, chinchorros, bebidas, obtención de larvas para obtener proteína, etc.,etc. Es curioso que la zona del delta del Orinoco era muy productiva agrónomicamente por el cultivo que se hacía aprovechando la descarga de nutrientes del río. Con la finalidad de sembrar todo el año se construyó una represa en uno de los caños del delta (Mánamo), esto produjo salinización de las aguas y acidificación de los suelos por el represamiento de las aguas y por otra parte, desborde de las aguas en otros caños del delta, con la consiguiente migración de los Guarao a las ciudades donde han perdido su cultura y donde viven en condiciones deplorables (Colonnello, comunicación personal). Es un ejemplo lamentable del que por lo menos podríamos aprender que es necesario trabajar en grupos multidisciplinarios antes de tomar acciones. Regresando al tema, de acuerdo a García-Guadilla (1996), el diferencial de precio entre los insumos orgánicos y los químicos pudiera ser el motivo de la escogencia entre una agricultura de altos insumos y la práctica agroecológica, ya que dependiendo del costo-beneficio se tenderá a favorecer una u otra práctica. Ella dice: «el movimiento agroecológico, aunque incipiente, constituye uno de los pilares y esperanzas que tienen las comunidades campesinas tradicionales y modernas para construir un desarrollo alternativo que sea productivo económicamente, sostenible ecológicamente y fundamentado sobre una base de justicia y equidad social».

Las conferencias de este foro nos han dado cifras de una mayor producción con la agricultura sostenible, también se ha hablado de las desventajas en algunos casos, lo que es tan importante conocer como las ventajas. Para los que queremos participar en este tipo de agricultura los ejemplos expuestos constituyen un estímulo. La disminución de la ganancia económica inmediata de algunas personas creo que es uno de los principales argumentos que no favorece a la agricultura sostenible. Sin embargo, bajo el esquema de desarrollo basado en el patrón de acumulación el desarrollo difícilmente podrá ser sustentable (Cruces, 1996).

Cruces, J.M. 1996. Desarrollo, sustentabilidad y agroecología: una visión desde América Latina. *Ecotrópicos* 9(2):61-70.

García-Guadilla, M.P. 1996. La agricultura sustentable y los movimientos ambientalista y agroecológico: sus alcances y limitaciones. *Ecotrópicos* 9(2):47-60.

López-Hernández, D. & Ojeda, A. 1996. Alternativas en el manejo agroecológico de los suelos de las sabanas del Norte de Suramérica. *Ecotrópicos* 9(2):101-117.

Mata, D., Herrera, P. & Birbe, B. 1996. Sistemas de producción animal con bajos insumos para las sabanas de *Trachypogon* sp. *Ecotrópicos* 9(2):83-100.

Avances en la investigación en sistemas silvopastoriles en Cuba

I. Hernández, Milagros Milera, L. Simón, D. Hernández, J. Iglesias, L. Lamela, Odalys Toral, C. Matías y Geraldine Francisco

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba

SUMMARY

Various experiments, carried out mainly at the Experimental Station for Grasses and Forages "Indio Hatuey", were analysed. Evaluating 109 accessions of *Leucaena* under cutting, it was found that accessions CIAT-17948 and 18433 (*Leucaena leucocephala*) and CIAT-17238 (*L. macrophylla*) were well suited as multipurpose trees (forage, firewood and shade) while, in another trial with other species of forage trees, *L. leucocephala* CIAT-17948 was identified as the species with the highest consumption and best grazing performance. The analysis of two experiments under grazing conditions where *L. leucocephala* was combined with several herbaceous legumes showed that *Leucaena* was very stable over the two grazing cycles studied (three years) but the initial population of herbaceous legumes diminished drastically. In other experiments on the forage production of *L. leucocephala* trees, it was found that the optimum cutting date was in November or December in order to obtain productions of edible biomass in excess of 1.38 ton of DM/ha in the dry season; the ideal cutting height of *L. leucocephala* and *Albizia lebbek* was 150cm. With respect to the seed production of *A. lebbek*, it was found that the best seed yields were obtained with a low density of plants (20 plants/m²), giving 245 and 977 kg/ha in the second and third year respectively; the best method to break the hard coats of the seeds of several legumes trees was to place them in water at 80°C for two minutes. In fattening systems with zebu cattle, gains of between 400 and 600g/d have been obtained, and heifers reached mating weight at 25

months. Milk production in these systems depends on the breed, the population and the type of grass, as well as on the edapho-climatic conditions and fertilizers availability. Nevertheless, 6 kg/d can be obtained without supplementation or chemical fertilizers and the stocking rates obtained under these conditions are close to 2 SAU/ha. Development of silvopastoral systems on Cuban farms has met with excellent approval by the producers; when systematic training and advice were given, the results were impressive.

INTRODUCCIÓN

En las islas del Caribe la gran manufactura, principalmente la explotación de la caña de azúcar, convirtió el desmonte de tierras en una de las actividades más remunerativas para los campesinos, principalmente de Cuba, a fines del siglo XVIII y principios del XIX. Actuando con mentalidad ahistórica, asentados en el presente, la sacarocracia destruyó en años algo que únicamente pueden reponer los siglos. Con la muerte del bosque, liquidaron mucha de la fertilidad de la Isla, permitieron la terrible erosión de los terrenos y secaron miles de arroyos (Moreno-Fraginals, 1978).

Cuba está ubicada entre 19 y 21 grados de latitud Norte y 79 y 81 grados de longitud Oeste, con las dos terceras partes del país con relieve llano y con los suelos dedicados a la ganadería con una fertilidad de pobre a media. El clima se caracteriza por tener dos períodos anuales bien definidos; uno lluvioso (mayo-octubre) donde cae el 70-80% de las lluvias (960 mm) y otro seco de noviembre a abril (240 mm); para una precipitación promedio anual de 1 200 mm. La temperatura promedio es de 23,1 °Celsius con una humedad relativa de 60-70% durante el día y 80-90% en la noche. Las condiciones de clima y suelo de Cuba son restrictivas en alimentos (principalmente en la sequía) y en condiciones ambientales para la crianza animal.

Por otro lado la ganadería vacuna se basó, durante muchos años, en la utilización de los pastos (principalmente de las gramíneas) así como de altas cantidades de insumos externos (concentrados para la alimentación animal, fertilizantes, combustible), el empleo de animales con altas producciones de leche pero inadaptados a las condiciones tropicales y a la presencia de una sólida base alimentaria en la mayoría de las empresas

ganaderas con un concepto de manejo y utilización de los alimentos y los animales, similar al empleado en los países desarrollados.

Sin embargo, la naturaleza de las islas del Caribe y las evidencias que se infieren de su entorno, promovieron una reflexión más adecuada sobre los sistemas de producción a utilizar en las fincas para producir carne o leche vacuna.

Al respecto, se conoce que en América Central y el Caribe existen numerosas especies de árboles y arbustos con gran potencial para la producción de forraje (Benavides, 1992).

Muchas de estas especies tienen valores nutricionales superiores a los de los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestible las que son más sostenidas en el tiempo que las del pasto bajo condiciones de cero fertilización.

El objetivo de este trabajo es hacer un análisis de varios experimentos desarrollados principalmente en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes «Indio Hatuey», Matanzas, Cuba enfatizando en la evaluación de variedades y especies de árboles con interés forrajero, la perennidad de los árboles en pastoreo, las técnicas de manejo empleadas en su defoliación para optimizar la producción de biomasa comestible, la producción y tratamiento de la semilla y los resultados obtenidos en producción animal a escala de investigación y de fincas con el empleo de sistemas silvopastoriles.

EVALUACIÓN AGRONÓMICA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Evaluación Inicial de Variedades y Especies de Plantas Arbóreas

Al estudiar el comportamiento de 109 accesiones de *Leucaena* (90 de *L. leucocephala*, 8 de *L. macrophylla*, 5 de *L. diversifolia*, 2 de *L. lauceolata*, 2 de *L. shannoni*, 1 de *L. pulverulenta* y 1 de *L. grengyii*) se encontró que se comportaron como árboles multiuso (forraje, leña y sombra) las accesiones CIAT-17498 y 18433 (*L. leucocephala*) y CIAT-17238 (*L. macrophylla*). En estas se conjugaron una mayor hojiosidad y número de ramas, mayor diámetro de copa, hojas más persistentes y tallos no quebradizos y no fueron afectadas por plagas y ni enfermedades (Menéndez, 1994).

También se estudió el índice de aceptación por vacunos (prueba de cafetería) de 27 especies arbóreas forrajeras, en parcelas constituidas por 10 plantas por especie, se realizaron tres pastoreos en lluvia, con

intervalos de 52 y 68 días respectivamente, y después del primer pastoreo se efectuó una poda a 1m para facilitar el ramoneo en los rebrotes. La especie más ávidamente consumida por los animales fue la *L. leucocephala* CIAT-17948 con los mayores tiempos de permanencia de los animales para los pastoreos dos y tres (Toral, *et al.*, 1996).

Evidencias sobre la persistencia de los árboles al ramoneo En Cuba se han desarrollado varios experimentos para la producción bovina que han evidenciado interesantes tendencias evolutivas en pastizales, que incluyen especies de leguminosas con diferentes hábitos de crecimiento en una misma unidad de terreno y bajo el mismo sistema de explotación; los resultados alcanzados denotan disparidad en el comportamiento de las plantas.

Hernández, *et al.* (1986, 1987) evaluaron durante dos años aproximadamente el comportamiento de animales Cebú en las fases de ceba inicial y final empleando un diseño completamente aleatorizado y varios tratamientos de los cuales sobresalió el que contaba con pastoreo rotacional de pasto natural asociado con *L. leucocephala* y una mezcla de las leguminosas herbáceas *Neonotonia wightii*, *Macroptilium atropurpureum*, *Teramnus labialis* e *Indigofera mucronata*, distribuidas en cuatro cuartones.

En dicho trabajo, en el ciclo de ceba inicial de 1 año, la carga fue de 2 animales/ha, utilizando tiempos de estancia entre 7-10 días en el período lluvioso y entre 10-12 días en el seco. En cuanto a la dinámica particular de las leguminosas herbáceas, se evidenció que la población total se mantuvo en un rango entre 30 y 38%, independientemente de la época del año, mientras que la población de *Leucaena* fue estable. En la ceba final, el análisis de la dinámica de la composición botánica y el número de plantas de *Leucaena*/ha permitió apreciar una drástica reducción de las leguminosas herbáceas en la asociación a menos de la mitad de la población inicial, con el correspondiente incremento de la población de gramíneas nativas, sin embargo la *Leucaena* mantuvo su población prácticamente estable, ya que solo se redujo en un 2%.

Por otro lado, en un trabajo a escala de investigación- producción con animales Cebú en crecimiento-ceba en 62 hectáreas aproximadamente de un suelo de mediana a baja fertilidad y en una región con bajos promedios anuales de precipitación (alrededor de 800 mm). Se manejaron dos sistemas: I) *Andropogon gayanus* (pastoreo rotacional) + banco de proteína de *L. leucocephala* y *N. wightii*; II) pasto natural (pastoreo

continuo) + banco de proteína de *L. leucocephala* y *N. wightii*. La carga global aproximada fue de 2 animales/ha. El banco de proteína del *Andropogon* se rotó en cuatro cuarterones con 6 días de estancia, permitiendo la entrada de los animales solamente en la sequía y en días alternos; el de pasto natural se manejó en tres cuarterones con acceso diario de los animales en lluvia y sequía y tiempo de estancia entre 12 y 16 días. La variación en el contenido de leguminosas presentes en el pastizal mantuvo una tendencia similar a la encontrada en el experimento descrito con anterioridad, o sea, una estabilización en el número de plantas de *Leucaena* por hectárea y una disminución apreciable de las leguminosas herbáceas (Hernández, *et al.*, 1992).

Estrategias de poda de los árboles forrajeros

Se desarrolló un estudio para determinar el efecto de la poda inicial (noviembre y diciembre) en la producción de forraje de *L. leucocephala* en el período seco (febrero, marzo, abril y mayo); el diseño utilizado fue de bloques al azar con arreglo factorial 24. Los rendimientos de materia seca para los dos meses de poda inicial evaluados no presentaron diferencias significativas entre sí, aunque es de destacar que la cantidad de hojas fue mayor en el mes de diciembre (Cuadro 1). Esta tendencia indica que es probable efectuar el corte indistintamente en el mes de noviembre o diciembre. El análisis de la producción de materia seca en los meses de sequía indica que la producción de hojas se incrementó de febrero a mayo, excepto en el tratamiento de abril lo que pudo estar dado por un fuerte ataque de *Heteropsylla cubana* que ocurrió a mediados del mes de marzo (Hernández, *et al.*, 1996).

Otro trabajo evaluó el efecto de tres alturas de poda (40, 100 y 150 cm) sobre la producción de biomasa comestible de *L. leucocephala* y *A. lebbeck* obteniéndose en ambas plantas las mayores producciones en la altura de 150 cm con 6 750 y 5 300 kg de MS/ha/dos cortes, respectivamente (Francisco *et al.*, 1996).

En la actualidad se ejecutan experimentos agronómicos con otras especies de plantas perennes leñosas como *Morus alba* y *A. lebbeck*.

Producción y tratamiento a la semilla

En un diseño de bloques al azar se estudió durante tres años el efecto de la distancia entre plantas en la producción de semillas de *A. lebbeck*. Los tratamientos fueron: 1, 2, 3, 4 y 5m entre plantas y 4 m entre hileras, que

determinaron los marcos de siembra de A) 4 y 2,500; B) 8 y 1,250; C) 16 y 583 y E) 20m² y 500 plantas/ha. Los más altos rendimientos de semilla

Cuadro 1.

Efecto de la poda al final de la época lluviosa sobre la producción de MS de la *L. leucocephala* en los meses de sequía en Matanzas, Cuba.

Componente	PODA INICIAL (kg MS/ha)			PODA FINAL (kg MS/ha)		
	Nov	Dic	Feb	Mar	Abr	May
Hojas	0,87a	0,96a	0,31b	1,03a	1,04a	1,31a
Tallo tierno	0,10a	0,11a	0,09bc	0,16a	0,11b	0,07c
Comestible	0,97a	1,08a	0,40b	1,19a	1,15a	1,38a
Tallo leñoso	0,64a	0,65a	0,19c	0,58b	0,79ab	1,01a
Total	1,61a	1,73a	0,59c	1,78b	1,94ab	2,39a

Valores con igual letra no difieren estadísticamente, $p < 0.05$ (Duncan, 1955)

en el primer año (1 245 kg/ha) se obtuvieron en el tratamiento A, presentando diferencias significativas ($p < 0,001$) con el resto de los tratamientos. En el segundo año la mayor producción de semillas (225 y 245 kg/ha) correspondió a los tratamientos C y D respectivamente. Sin embargo, en el tercer año se logró una estabilización de los rendimientos y la mayor producción de semillas (977 kg/ha) en el tratamiento D; los componentes del rendimiento que más influyeron fueron el número de legumbres por planta y el peso de la semilla (Matías y Ruz, 1996).

Al probar distintos métodos de escarificación a semillas de ocho leguminosas arbóreas forrajeras se ha comprobado que en todos los casos el tratamiento de agua caliente a 80 °C durante dos minutos (excepto en el caso de la *Gliricidia sepium*) es el método más efectivo para romper la corteza dura de las semillas, después de 6 y 12 meses de almacenadas (Toral, datos inéditos). En otros trabajos se encontró que en semillas recién cosechadas (1 mes) de seis especies perennes leñosas forrajeras, el tratamiento a la semilla con agua caliente a 80 grados Celsius durante dos minutos, solo favoreció a *Bahuinia variegata* y *Albizia saman* (Toral y Matías, 1998).

EVALUACIÓN CON ANIMALES EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Sistemas de ceba

Empleo de sistemas con *L. leucocephala* y pastos naturales. Se evaluó el efecto de la inclusión, en banco de proteína, de *L. leucocephala* sobre el mejoramiento de gramíneas naturales y el aumento de peso en la ceba inicial (Hernández, *et al*, 1986). El empleo de un sistema con un manejo rotacional, que además tenía en el estrato herbáceo una mezcla múltiple de leguminosas adventicias (*Neonotonia*, *Macroptilum*, *Teramnus* e *Indigofera*), permitió una ganancia en machos de la raza Cebú de 715 g/d y un incremento en la producción de carne/ha del 51% con relación a un control con pasto nativo. En condiciones de sequía extrema (241 mm de precipitación en el período octubre-abril) este sistema silvopastoril logró una ganancia individual promedio anual de 400g/d. Cuando se utilizó dicho sistema en la ceba final de toros Cebú las ganancias fueron superiores en un 73% a las obtenidas con pasto natural solo y no difirieron de las de un sistema que empleó la suplementación con miel-urea (1,5 kg) y harina de soya (200 g/d) en el 50 % del período poco lluvioso (Cuadro 3).

Sistemas silvopastoriles con gramíneas mejoradas. La utilización de tres sistemas: a) *Panicum maximum* cv. Likoni asociado a *L. leucocephala*; b) banco de proteína (25% del área con *L. leucocephala*); c) con la aplicación de 80kg de N/ha/año en la gramínea (Cuadro 3), aportó ganancias promedio acumuladas al finalizar la ceba de 623 530 y 538 g/d respectivamente en toros de la raza Cebú; el área asociada resultó significativamente superior ($P < 0,05$) tanto en la ceba final como en el acumulado (Simón, *et al*, 1990).

En condiciones comerciales (Cuadro 4), en suelos de baja productividad y con cargas entre 1,7 y 2 toros/ha, se alcanzaron ganancias acumuladas promedio de 487g/d y un peso al sacrificio de 448 kg a los 29 meses de edad cuando se utilizó un sistema de banco de proteína de *L. leucocephala* en áreas con *Andropogon gayanus* CIAT-621; en contraste, en el sistema tradicional se lograba el peso al sacrificio (460kg) a los 5 años en toros Cebú (Hernández, *et al*. 1992).

Sistemas de pastoreo de árboles asociados con gramíneas en toda el área para la ceba de animales vacunos de diferentes razas. En un área establecida de *P. maximum* cv. Likoni, *Brachiaria* y pastos naturales, con una densidad de *L. leucocephala* de 55 árboles/ha, sin riego ni fertilización química, se estudió durante 18 meses el comportamiento productivo de toros de las razas menos rústicas (Holstein x Cebú), los cuales se rotaron en cinco potreros donde se manejaron en igualdad de condiciones dentro del sistema con el Cebú (Iglesias, datos inéditos). Se empleó una carga inicial de 0,9 UGM/ha, pero al finalizar el estudio alcanzó un valor de 2,9 UGM/ha. En la ceba inicial los toros Cebú obtuvieron las mayores ganancias; sin embargo, en la ceba final no se observaron diferencias. El peso vivo final de la ceba fue superior en el Cebú al compararlo con el F1 y el cercano al Holstein (413,7; 376,3 y 357,4 kg respectivamente).

En otro estudio se evaluó el comportamiento bajo pastoreo de cuatro sistemas con y sin árboles: A) *Leucaena leucocephala* asociada con *Panicum maximum* cv. Likoni; B) *Bahuinia purpurea* asociada con *Panicum maximum* cv. Likoni; C) *Albizia lebeck* asociada con *Panicum maximum* cv. Likoni y D) *Panicum maximum* cv. Likoni sola (testigo). La siembra se realizó en surcos, a razón de seis hileras con la gramínea y uno con los árboles leguminosos, quedando aproximadamente cuatro metros entre las hileras de los árboles; la distancia entre los surcos fue de 65cm. Cada sistema posee dos hectáreas de terreno que fueron divididas en seis cuartones para el manejo del pastoreo. Se emplearon 24 animales de la raza cebú (226kg de peso vivo inicial) con una edad de aproximadamente 18 meses, a razón de seis animales por sistema, la carga utilizada fue de 3 animales/hectárea, no se utilizó suplementación y hubo agua y sales a voluntad; no se empleó riego ni fertilización. Las mediciones efectuadas fueron variación de la composición botánica del estrato herbáceo, disponibilidad de forraje en el estrato arbóreo y en el estrato herbáceo, número de árboles, composición química de los forrajes en estudio así como las ganancias brutas y acumuladas de los animales. Al inicio de la evaluación el número de árboles fue entre 1 400-1 600 árboles/sistema (700- 800 árboles/ha) y se logró aproximadamente un 70% de área cubierta con guinea en la mayoría de los sistemas.

Los resultados indican que la guinea en el sistema control presentó una reducción en su composición botánica llegando a 58% al final de este ciclo mientras que el sistema *Leucaena* asociada con guinea mantuvo casi

estable su composición botánica con un 69% de área cubierta y en el sistema con *Bahuinia* se produjo un incremento del pasto estrella; se observa un importante incremento de los contenidos de proteína en la guinea cuando está asociada con árboles, principalmente en el sistema con *Leucaena*. El número de árboles al final de la evaluación fue de 1 850; 1 384 y 1 135 para A; C y D, observándose una importante disminución del número de árboles (100) en el sistema con *Bahuinia* asociada con guinea. Los resultados del comportamiento animal (Cuadro 2) fueron: 788; 757; 729 y 541 g/d para A; B; C y D, respectivamente; en el sistema de *Leucaena* asociada con guinea los animales tuvieron un peso final promedio de 424 kg y la ganancia neta del sistema fue de 197.1 kg de peso (Hernández, *et al.* 1996).

Cuadro 2

Comportamiento de animales Cebú en pastoreo en sistemas con y sin árboles en toda el área en Cuba.

SISTEMAS	PESO VIVO INICIAL (kg)	PESO VIVO FINAL (kg)	GANANCIA BRUTA (kg)	GANANCIA ACUMULADA (g/d)
<i>Leucaena</i> + guinea	226,9	424,0	197,1	788
<i>Bahuinia</i> + guinea	226,3	415,5	189,1	757
<i>Albizia</i> + guinea	227,0	409,2	182,2	729
Guinea sola	226,9	362,2	135,3	

Manejo de hembras de reemplazo. Al estudiar dos sistemas: asociación de *Panicum-Leucaena* y 25% del área con banco de proteína de *L. leucocephala* + *Panicum*, para los cuales se utilizaron añejas mestizas (3/4 Holstein x 1/4 Cebú) de 12 meses de edad y un peso inicial de 100kg, se observó la tendencia a un mayor peso vivo a la incorporación y una mayor ganancia diaria para los animales de la asociación, sin diferencias significativas. Los valores fueron de 310 vs 292kg y 0,49 vs 0,45kg/d para cada sistema (Iglesias *et al.*, 1994).

Cuando se evaluó *Albizia lebbeck* en una asociación espontánea con pastos naturales (Cuadro 3), donde se emplearon añejas 5/8 Holstein x 3/8

Cebú que iniciaron la prueba con 100kg de peso vivo y se manejaban en pastoreo rotacional con una carga de 3 animales/ha, se observó que la asociación fue superior a un control que solo disponía de pasto natural. El peso vivo final (335 vs 308kg), la ganancia acumulada (397 vs 296g) y la edad para la cubrición (5 meses antes que en el control) fueron el efecto del ramoneo en el consumo de materias seca y proteína bruta de la *Albizia* con respecto al control (Simón *et al.*, 1995).

En condiciones comerciales, en suelos de mediana a baja productividad y con una precipitación inferior a los 1,000mm, al utilizar *Andropogon gayanus* CIAT-621 y un área de banco de proteína de *L. leucocephala* pastoreadas en un sistema rotacional con carga de 2 animales/ha (Cuadro 4), se alcanzó el peso de incorporación (285,3 kg) a los 22 meses y en tres ciclos de manejo se obtuvo una edad promedio de incorporación de 25 meses; sin embargo, el sistema que empleaba la empresa lo lograba a los 36 meses (Hernández y Carballo, datos inéditos).

Sistemas de producción de leche

Hernández *et al.* (1994), en una pradera compuesta por *P. maximum* cv. Likoni, *Neonotonia*, *Centrosema*, *Teramnus*, *Stylosantes* y *L. leucocephala* (20,000 plantas/ha), estudiaron tres niveles de oferta de materia seca (15, 35 y 55 kg de MS/vaca/d) sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos. A los 3 años de explotación se observó una estabilidad en la composición botánica de las especies establecidas y la producción de leche medida en animales de mediano potencial (vacas mestizas) osciló entre 8,4 y 8,9 litros/vaca/día, sin diferencia entre las ofertas de MS (Cuadro 3).

El estudio de un sistema de producción de leche durante 3 años que disponía de *P. maximum* cv. Likoni con un banco de proteína (20% del área sembrada con *L. leucocephala* cv. Perú) en pastoreo rotacional sin riego y con 140 kg de N/ha/año aplicado a la gramínea (Cuadro 3), permitió el empleo de la conservación como ensilaje de *Panicum* en pastoreo durante el período lluvioso. La carga empleada fue de 2,5 vacas/ha y el sistema se comparó con un control de gramínea solamente, que fue sometida al mismo manejo que el área con banco de proteína; se hallaron diferencias significativas ($P < 0,01$) a favor del área con banco de proteína (10,0a vs 9,6b l/d), así como un incremento en la población de *P. maximum* (Milera *et al.*, 1994).

Cuadro 3
Resumen de resultados experimentales obtenidos con vacunos en sistemas de ceba, reemplazo y leche en Cuba.

TRATAMIENTO	RAZA	CARGA (Cabezas/ha)	GANANCIA (g/d)
Banco de Proteína de <i>L. leucocephala</i>	Cebú	2,0	0,530
<i>L. leucocephala</i> + Pastos naturales y leguminosas erbáceas	Cebú	2,0	0,715
REEMPLAZO			
<i>L. leucocephala</i> en toda el área + <i>P. maximum</i>	H + 1/4C	2,5	0,490
B. proteína <i>L. leucocephala</i> y <i>P. maximum</i>	H + 1/4C	2,5	0,450
<i>A. lebbeck</i> + P. naturales	5/8 H + 3/8C	3,0	0,397
VACAS LECHERAS			PRODUCCIÓN(l/d)
<i>L. leucocephala</i> + mezcla de pastos mejorados	Mestizas (H x C)	2,0	8,4
B. de Proteína de <i>L. leucocephala</i> + <i>P. maximum</i>	Mestizas (H x C)	2,0	10,0

Cuando se aplicó a escala comercial una tecnología que incluía *P. maximum* cv. Likoni fertilizado con 80 kg de N/ha/año y un banco de proteína de *L. leucocephala*, se observó una producción de 9,3 litros de leche/vaca/día en vacas mestizas. En otras dos vaquerías que contaban con *Cynodon nlemfuensis* y *P. maximum* y un banco de proteína de *L. leucocephala*, sin la aplicación de riego ni fertilizantes químicos, se alcanzaron producciones de leche de 5,7 y 6,6 l/d respectivamente (Lamela *et al.*, 1996).

Cuadro 4.

Resultados obtenidos en trabajos investigación sobre producción con vacunos en sistemas de ceba y de reemplazo en Cuba.

SISTEMA	RAZA	CARGA (Cabezas/ha)	GANACIA (kg/d)
CEBA			
Banco de Proteína de <i>L. leucocephala</i> y <i>A. gayanus</i> (cv CIAT 621)	Cebú	1,7 - 2	0,482
REEMPLAZO			
Banco de Proteína de <i>L. leucocephala</i> y <i>A. gayanus</i> cv CIAT	Cebú	2,0	0,407

LOS SISTEMAS SILVOPASTORILES A NIVEL DE FINCAS EN CUBA

Desde 1995 se inició un trabajo de divulgación y capacitación a los productores para la extensión del sistema silvopastoril en las provincias de La Habana y Matanzas. Se utilizaron las especies arbóreas *L. leucocephala* y *A. lebbeck*, así como *N. wightii* y gramíneas mejoradas (*C. nlemfuensis* y *P. maximum*) en áreas que solo contaban con pastos naturales de bajo valor nutritivo. En 1996 se incorporaron al pastoreo 10 unidades que fueron sembradas en 1995 y se procedió a la siembra y el establecimiento de 102 unidades en la provincia de La Habana y 52 en Matanzas. Actualmente se obtienen producciones de leche entre 6 y 10 litros/vaca/día, así como una disminución del porcentaje de vacas vacías y los índices de mortalidad. Otro resultado de este sistema es la obtención de producciones simultáneas de forraje, frijol, calabaza, maíz y otras durante el establecimiento (Simón *et al*, 1996).

CONCLUSIONES

La adición de árboles y arbustos en las fincas ganaderas cubanas es un enfoque válido en la estrategia de producir y conservar debido a que:

- Permiten una producción más sostenida en términos de productividad al compararlas con las leguminosas herbáceas.

- El manejo de las podas de la *Leucaena* al final del período lluvioso en Cuba, reduce su floración y permite disponer de forraje en el período seco para la producción animal.
- Los mayores y más estables rendimientos de semilla de plantas arbóreas forrajeras se alcanzan con bajas densidades de plantas. El tratamiento y almacenamiento de la semilla varía según la especie de planta.
- Los sistemas silvopastoriles en la ceba de ganado permiten obtener ganancias promedio diarias por animal entre 400 y 600g y se incorpora la hembra a la reproducción a los 25 meses, con un peso promedio por animal de 285kg.
- El empleo de *L. leucocephala* en sistemas multiasociados con gramíneas y leguminosas herbáceas, al ofertar 35kg de MS/ha/rotación, permitió una producción de 8 l/d.
- Con el banco de proteína se pueden obtener producciones de 5,7 a 6,6 l/d, sin suplementación ni fertilización química, y puede incrementarse hasta 10 litros si se emplean 140kg de N/ha/año en la lluvia.

Es necesario continuar estudios sobre variedades y especies de plantas con interés forrajero, haciendo estos extensivos a otras condiciones de suelo y clima y con otras especies animales. En la extensión de la tecnología desempeña un importante papel la capacitación de los productores y se observan resultados alentadores desde el punto de vista productivo y agroecológico

Bibliografía

- Benavides, J. E.** 1992. Agroforestería y alimentación de cabras en América Central. Conferencia: *Experiencias y alternativas en el manejo silvopastoril en la Sierra Ecuatoriana*. 27 p. Mimeo.
- Francisco, Geraldine, Simon, L., y Soca, Mildrey.** 1996. Producción de biomasa de *A. lebeck* y *L. leucocephala* para la producción de biomasa. Taller Internacional «*Los árboles en los sistemas de producción ganadera*». EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 46-47.
- Hernández, C. A., Alfonso, A. y Duquesne, P.** 1986. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas herbáceas. I. Ceba inicial. *Pastos y Forrajes* 9: 79
- Hernandez, C. A., Alfonso, A.; y Duquesne, P.** 1987. Producción de carne basada en pastos naturales mejorados con leguminosas arbustivas y herbáceas. II. Ceba final. *Pastos y Forrajes*. 10:246.
- Hernández, D., Hernandez, I., y Carballo, Mirta.** 1992. Los pastos y la carne bovina en condiciones difíciles. *Rev. ACPA*. 1:140.
- Hernández, D., Reyes, F., Carballo, Mirta y Tang, M.** 1994. Asociaciones múltiples de gramíneas y leguminosas para producir leche con bajos insumos. Resúmenes. Taller Internacional «*Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera*». EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p. 38
- Hernández, I.** 1996. *Manejo de las podas de L. leucocephala para la producción de forraje en el período seco en Cuba*. Tesis M.Sci. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 83p.
- Hernández, I., Simon, L. y Duquesne, P.** 1996. Comportamiento de toros de ceba en pastoreo de árboles leguminosos en asociación con guinea. Taller Internacional «*Los árboles en los sistemas de producción ganadera*». EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 46-47.
- Iglesias, J.M., Simon, L., Docazal, G., Aguilar, A. y Duquesne, P.** 1994. Asociaciones y/o bancos de proteína: alternativas para la cría de hembras en desarrollo en condiciones de bajos insumos. *Pastos y Forrajes*. 17:83
- Lamela, L., Valdés, L.R. y Fung, Carmen.** 1996. Comportamiento del banco de proteína para la producción de leche. Resúmenes. *X Seminario Científico de Pastos y Forrajes*. EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. p. 14
- Machado, R. y Segui, Esperanza.** 1997. Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. *Pastos y Forrajes*. 20:1
- Matías, C. y Ruz, Vivian.** 1996. Efecto de la distancia entre plantas en el potencial de producción de semillas de *A. lebeck*. Taller Internacional «*Los árboles en los sistemas de producción ganadera*». EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 98.
- Menéndez, J.** 1994. Evaluación de accesiones de *Leucaena* spp. Taller Internacional «*Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera*». EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 98.

- Milera, Milagros, Iglesias, J., Remy, V. y Cabrera, N. 1994. Empleo del banco de proteína de *Leucaena leucocephala* cv. Perú para la producción de leche. *Pastos y Forrajes*. 17:79
- Moreno-Fraginals, M. 1978. *El Ingenio*. Ed. Ciencias Sociales. La Habana, Cuba. 350 p.
- Simon, L., Hernández, I. y Duquesne, P. 1995. Producción de carne a base de pastoreo combinado de gramíneas y leguminosas. *Pastos y Forrajes*. 10:179-189.
- Simon, L., Hernández, I. y Duquesne, P. 1995. Efecto del pastoreo de *Albizia lebbek* Benth. (Algarrobo de olor) en el comportamiento de hembras bovinas en crecimiento. *Pastos y Forrajes*. 18:67
- Simon, L., Lamela, L., Esperance, M. y Reyes, F. 1996. Resultados agroecológicos de la implantación del silvopastoreo en la producción. Resúmenes. Taller Internacional «*Los árboles en los Sistemas de Producción Ganadera*». EEPF «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. p. 90
- Toral, Odalys, Simon, L. y Matias, Yoaima. 1996. Aceptabilidad relativa de 27 especies arbóreas forrajeras en condiciones de pastoreo. Taller Internacional «*Los árboles en los sistemas de producción ganadera*». EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p. 99.
- Toral, Odalys y Matias, Yoaima. 1998. Comportamiento de especies arbóreas forrajeras tratadas y no en sus primeras etapas de desarrollo. *Pastos y Forrajes* (en imprenta).

Comentarios

Elizabeth Olivares

Los resultados expuestos por Hernández *et al.* en el cuarto artículo de este foro son impresionantes y estimulantes. Tengo una pregunta acerca del cambio de la composición florística en presencia de los árboles. Encontraron que la población inicial de leguminosas herbáceas disminuyó, mientras que incrementaron las gramíneas. Me pregunto si no han hecho el experimento de utilizar fertilización con fósforo (química o biológica por inoculación con micorrizas). Las leguminosas tienen requerimientos de fósforo mayores que las gramíneas. La fijación de nitrógeno atmosférico por las bacterias asociadas a la leguminosa, requiere un consumo de mínimo 16 ATP (generalmente entre 25 y 30 ATP), en la actividad de la enzima nitrogenasa, además del costo en carbohidratos para formación de nódulos. Deficiencias de fósforo conllevarían a deficiencias en nitrógeno y una desventaja competitiva frente a gramíneas, con menores requerimientos de fósforo. Yo esperaría un incremento de las leguminosas herbáceas si se les incrementara el fósforo.

Carlos Arellano Sota

En primer lugar deseo felicitar al Dr. Hernández y sus colaboradores por el excelente trabajo realizado, que prueba con claridad la bondad de los sistemas silvopastoriles. Mi inquietud se centra en saber más sobre los procedimientos que utilizaron para reproducir la leucaena a nivel masivo en vivero y la forma en que organizaron a los productores para su distribución y aplicación en los sistemas de producción.

Manuel Sánchez

Felicidades por el excelente artículo que describe los numerosos experimentos que se han realizado en sistemas silvopastoriles en la Estación de Pastos y Forrajes Indio Hatuey (Matanzas, Cuba). Sin duda, la institución líder en investigación de estos sistemas en todo el trópico Latinoamericano. Los resultados de la respuesta animal y los niveles de producción de leche que se han obtenido son realmente interesantes y nos muestran claramente el potencial que existe si se identifican, establecen y manejan bien las especies de árboles y arbustos. Personalmente durante

una visita al final de la época seca, creo que fué por el mes de mayo, hace un par de años, pude observar y convencerme que definitivamente es la alternativa a seguir si se quiere intensificar la producción de manera sostenible. Mientras en un campo a lado las praderas de estrella se veían tristes y amarillentas con poco forraje, las parcelas de los sistemas silvopastoriles estaban verdes y con una cantidad de forraje mucho muy superior. Parecía en efecto que estaban recibiendo riego, pero en realidad no había tal. Cuba es el primer país en LA que ha lanzado un programa de establecimiento de los sistemas silvopastoriles, como alternativa más viable de recuperar la deprimida producción bovina lechera.

Las palmas, una estrategia de vida tropical

Alvaro Ocampo Durán

Universidad de los Llanos y Fundación Horizonte Verde, Villavicencio, Colombia.

SUMMARY

This article attempts to present an approach that allows the reader to appreciate three key aspects about palms. Firstly, their diversity, richness and multiplicity of uses; secondly, their intimate relationship with tropical man and the historic importance of these resources and their importance for the life of communities; thirdly, the importance of profiting from the comparative advantage that they offer as a logical basis for community resources and tropical ecosystems and the life within them. Also, it invites to re-evaluate this resource, which is being shown to represent for the tropics an ever greater real potential and undoubtedly will permit the realization of greater levels of self-sufficiency. In this respect, it demonstrates the advantages of the African Oilpalm in the design of integrated systems of production, and the importance and potential of considering fatty acids as one of the central energy resources for the tropics.

INTRODUCCIÓN

Referirse a las palmas desde la única perspectiva de lo técnico, bien sea de su taxonomía, utilización en sistemas productivos, usos en alimentación y otros, difícilmente podría aproximarse a la realidad de lo que representan estas plantas para el hombre del trópico.

Realmente su relación con la humanidad está invocada desde múltiples aspectos: lo mítico, medicinal, artesanal, su utilización en la construcción, como alimento del hombre y diferentes especies animales, en su rol particular en muchos de los frágiles ecosistemas tropicales, tanto en lo que se refiere a su dinámica, como a la producción de alimentos

para la fauna asociada a dichos ecosistemas, oferente de materiales para la elaboración de vestidos, aceites, azúcar y otros productos que harían muy extensa su enumeración.

Las comunidades tropicales basaron en buena parte su sustento en la oferta natural de las palmas y su experiencia ancestral debería ser un elemento central en el desarrollo de las alternativas de producción sostenibles para el trópico.

Desafortunadamente, la poca capacidad e interés aplicado al conocimiento de los recursos propios, ha dejado a un lado este valioso recurso y es poco lo que se avanza en el conocimiento de su alta diversidad y su utilización en sistemas productivos tropicales. Sin embargo, son pocos, pero valiosos los ejemplos actuales de la importancia del recurso palma en la producción tropical y subtropical: la Palma de aceite Africana (*Elaeis guineensis*), de Coco (*Cocos nucifera*), la Areca (*Areca catechu*), el dátil (*Phoenix dactylifera*) y el Chontaduro o Pejibaye (*Bactris gasipaes*) y otras con alto potencial para su domesticación.

Volver la mirada hacia este recurso, es para el trópico la oportunidad de emprender un camino que cada día lo acercará a sus verdaderas potencialidades y que sin duda le permitirá construir altos niveles de autosuficiencia para sus comunidades, su ecosistema y sus recursos naturales en general, al igual que explorar un potencial importante de ofrecer excedentes al resto del mundo.

No ha estado ausente este recurso en la problemática de la ganadería tropical, que en su modelo tuvo la osadía de alzar la mirada hacia estas bellas exponentes del trópico, solo para destruirlas, pero que jamás entendió que no representaban ningún obstáculo para la productividad animal a partir de forrajes de porte bajo, sino que por el contrario, se hubiese podido implementar uno de los modelos naturales de producción más interesantes a nivel tropical, con un elemento adicional: que la presencia de las palmas en un estrato diferente, hubiese permitido el desarrollo de modelos más integrados, tanto en la diversidad de especies, como en los arreglos productivos posibles de implementar.

Son diversas y aplicables a diferentes modelos productivos, las alternativas actuales con el recurso palma, que podrían ofrecer salidas a la pequeña y mediana propiedad y a la explotación de grandes áreas, involucrando elementos claves para los sistemas de producción tropical, la integración, la optimización de los ciclos productivos con mínimas pérdidas, un uso eficiente de la energía y alta productividad de biomasa.

PALMAS, ALTA DIVERSIDAD Y SINÓNIMO DE RIQUEZA

Cuatro siglos y medio antes de Jesucristo, Heródoto dijo que la palmera, entiéndase la de dáttil, «produce pan, vino y miel». En el siglo primero de nuestra era, Estrabon señaló los usos mas corrientes de esta misma palmera: «después del trigo, observó el geógrafo, la palmera era la que en mayor escala contribuía a la alimentación del pueblo caldeo; de sus frutos se saca una especie de harina; de su savia, vino, vinagre y miel; sus hojas dan buena fibra para tejer; los herreros hacen carbón con el leño del tronco, y su médula macerada y triturada se utiliza para alimento de bueyes y carneros».

Diferentes tribus nómadas de los Llanos Orientales de Colombia utilizaban los frutos de *Oenocarpus* como alimento básico para vivir, el padre Juan Rivero (siglo XVII) citado por Congrains y Tabaquira 1979 (Collazos, 1987), describe este hecho así: «con esto se ceban y engordan los tres o cuatro meses del año, empezando desde Abril hasta fines de Julio, que es el tiempo de esta bellota. Cuando vuelven de sus correrías hacia el mes de Agosto, vienen tan gordos y rollizos que apenas caben en el pellejo».

La calidad de la proteína de *Oenocarpus bataua* es superior o comparable a la mayoría de las fuentes utilizadas por el hombre para su alimentación, el contenido de aminoácidos de la proteína comparado con el patrón de la FAO/WHO 1976 (citado por Collazos, 1987), muestra que los contenidos de triptófano y lisina están en un 90 a 96% de los niveles recomendados, comparada con la mejor proteína animal, y considerablemente mejor que muchas de origen vegetal (40% mejor que la proteína de soya). La leche producida de la pulpa de esta fruta es rica en proteína y aceite, de alto valor biológico, comparable en grasas-proteína-carbohidrato con la composición de la leche humana (Balick y Gershoff 1981, citados por Collazos, 1987).

El fruto de pejibaye o chontaduro, *Bactris gasipaes*, es una fuente importante de carbohidratos, Ca, P, grasa, bajo en fibra y fuente de vitaminas (composición por cada 100 g de mesocarpio de la fruta: agua 56%, calorías 194, proteína 3,01%, grasa 6,14%, carbohidratos 33,05%, fibra 1,02%, ceniza 0,88%, Ca 44,6 mg, P 101,84 mg, tiamina 0,030 mg, niacina 0,455 mg, rivotflavina 0,068 mg, caroteno 1,28 mg; Pérez Vela, 1985, citado por Johnson, 1997).

El fruto de *Mauritia flexuosa*, es rico en energía, minerales, proteína y vitaminas (contenido en 100g: calorías 526, proteína 11,0%, grasa

38,6%, carbohidratos 46,0%, fibra 41,9%, ceniza 4,4%, Ca 415,4 mg, P 69,9 mg, tiamina 0,11 mg, niacina 2,57 mg y rivotflavina 0,85 mg; Atchley, 1984, citado por Johnson, 1997).

La calidad y naturalidad del palmito, generalmente proveniente del genero *Euterpe* spp (*Euterpe edulis* y *Euterpe oleracea*), con un contenido promedio de proteína 2,07%, ceniza 1,13%, fibra cruda 0,58% y grasa 0,20% (Quast y Bernhardt, 1978, citados por Johnson, 1997), tiene ya ganado un espacio en la culinaria mundial. Actualmente es creciente el uso de *Bactris gasipaes* para su obtención.

Actualmente se extrae jugo de aproximadamente 20 palmas, entre ellas la Palma de Azúcar (*Borassus flabellifer*; de la cual se pueden obtener desde 11 hasta 30 toneladas de azúcar por ha por año según Borin *et al*, 1995, 1996), coco (Moog 1997, cita mas de 20 usos diferentes de las partes de esta palmera), palma africana de aceite (actualmente la palmera con mayor potencial agroindustrial), *Arenga pinnata*, *Nypa fruticans*, *Mauritia flexuosa*, *Mauritia vinifera*, *Nypa fruticans*, *Phoenix dactylifera*, *Phoenix reclinata*, *Phoenix sylvestris*, *Raphia taedigera* y *Raphia vinifera* entre otras, siendo este un recurso importante para comunidades en países asiáticos principalmente (Camboya, Tailandia, Indonesia, Malasia, Philipinas, Sri lanka y Bangladesh). De algunas de estas palmas se extrae aceite de los frutos y almendras, a las cuales valdría la pena agregar las del grupo *Attalea*, *Astrocaryum*, *Acrocomia* y *Oenocarpus* (Dugand, 1972).

Así mismo, de sus frutos se alimentan algunos animales domésticos, siendo el cerdo el mas importante entre ellos, al igual que la fauna silvestre, que apetece mucho este tipo de frutos, constituyéndose estos en un recurso estratégico para la diversidad animal en el bosque. Los géneros *Acrocomia*, *Astrocaryum*, *Attalea*, *Bactris*, *Ceroxylon*, *Copernicia*, *Elaeis*, *Euterpe*, *Mauritia*, *Oenocarpus*, *Raphia*, *Roystonea* y *Syagrus*, son representativas de este tipo de uso en América Intertropical.

Galeano (1992), menciona un extenso y diversificado uso de las palmas en la región de Araracuara, Colombia, destacándose el numero de palmas utilizadas como alimento: *Astrocaryum aculeatum* (fruto), *Astrocaryum gynacanthun* (fruto), *Astrocaryum sciophilum* (fruto), *Bactris bidentula* (fruto), *Bactris gasipaes* (fruto, semilla, hoja), *Euterpe catinga* (fruto), *Euterpe precatória* (fruto, hoja, cogollo), *Mauritia carana* (fruto), *Mauritia flexuosa* (fruto), *Mauritiella aculeata* (fruto), *Maximiliana maripa* (fruto, semilla), *Oenocarpus bacaba* (fruto), *Oenocarpus bataua* (fruto, hoja, cogollo), *Oenocarpus mapora* (fruto),

Scheelea insignis (fruto, semilla), *Syagrus inajai* (fruto, semilla), *Syagrus smithii* (fruto, semilla).

También su uso en construcción, elaboración de fibras, como medicinales, en la elaboración de herramientas y utensilios domésticos, para la extracción de sal, colorantes, perfumes y cría de insectos, utilizando para ello el tallo, la corteza, las hojas, la savia, la raíz, el pecíolo, el cogollo, la inflorescencia y en algunos casos, toda la palma. Habría que valorar su importancia en términos alimentarios, económicos, sociales y ambientales.

En relación a las propiedades medicinales de las palmas y en particular desde sus componentes fitoquímicos, se dice que las palmas no poseen un grupo característico de principios activos, sin embargo, han sido encontrados alcanos, alcoholes, carbohidratos, aminoácidos, cumarinas, ciclitoles, dépsidos, flavonoides, cetonas, hormonas sexuales, saponinas esteroideas, polifenoles, pigmentos y triterpenos (Schultes y Raffauf, 1990, citados por Zuluaga, 1997); con excepción del género *Areca*, no se encuentran alcaloides (Trease, Evans, 1986, citado por Zuluaga, 1997). Existen reportadas por la literatura etnobotánica y etnomédica, 35 especies de palmas con usos medicinales en América tropical (Zuluaga, 1997).

En el mundo se han reportado aproximadamente 200 géneros y 1,500 especies de palmas, particularmente en el trópico y subtrópico; de estas 67 géneros y 550 especies se encuentran en América (Henderson *et al*, 1995); lo cual está indicando que uno de los recursos más biodiversos con que ha contado y cuenta el hombre son las palmas. Según Mejía, 1997, en la amazonia Peruana existen 142 especies y 34 géneros de palmeras; en 5 subfamilias. En Colombia se declaró una palma como el árbol nacional, la «palma de cera» o «palma blanca» o «palma real» de los Andes Centrales (*Ceroxylon quindiuense*) (Dugand, 1976). Según Johnson, 1997, existen 18 palmas (se excluyen el dátil, palma africana de aceite, coco y pejibaye) con una muy buena opción de domesticación o manejo en medios naturales, para ser incluidas en sistemas productivos tropicales. De estas por su ubicación en América Latina, es importante destacar la *Attalea funifera* (manejo), *Attalea speciosa*; syn. *Orbignya phalerata* (manejo y domesticación, con alto potencial para agroforestería), *Chamaedorea* spp. (manejo y domesticación), *Chamaedorea tepejilote* (manejo, domesticación y potencial en agroforestería), *Euterpe oleracea*;

E. edulis (manejo y domesticación), *Mauritia flexuosa* (manejo) y *Oenocarpus bataua* (domesticación y potencial en agroforestería).

Sería imposible en un escrito de este tipo, mencionar todas las palmas y todos sus diferentes usos, por ello se ha querido presentar una aproximación que le permita al lector apropiarse de tres elementos claves alrededor de las palmas: el primero, su diversidad, riqueza y multiplicidad de usos; el segundo, su estrecha relación con el hombre tropical, el reconocimiento que ancestralmente se tiene del recurso y su importancia para la vida de las comunidades; y tercero, la importancia de aprovechar las ventajas comparativas que el medio natural ofrece y lo determinante que puede llegar a ser para las comunidades y lógicamente para los ecosistemas y la vida en ellos.

Cabría entonces la pregunta: ¿Por qué el camino escogido en el trópico se aleja tanto de esta riqueza? A pesar de ello, existen importantes desarrollos con algunas pocas palmas, que sin duda, son una clara demostración del potencial existente.

Por fortuna, los adelantos que hoy tiene la ciencia, harían posible avanzar significativamente más rápido, en el estudio e incorporación de las ventajas existentes en el recurso palma. Se hace entonces necesario emprender un programa masivo de investigación alrededor de las palmas y su incorporación en la lógica de producción tropical.

PALMAS EN SISTEMAS INTEGRADOS DE PRODUCCIÓN

Como eje conductor del análisis a realizarse en adelante, se tendrá como base de referencia el cultivo de la palma africana de aceite, a partir del enfoque que el autor ha venido desarrollando, que trasciende la única perspectiva de considerarlo un cultivo para la extracción de aceite, para ser considerado como un recurso estratégico para la implementación de sistemas integrados de producción para el trópico (Ocampo, 1995a).

Así mismo, la información presentada a partir del cultivo de palma africana, permite tener una aproximación adicional a la ya expuesta, del recurso palma y su importancia estratégica para el trópico. Tan solo bastaría dedicarle un poco de atención al uso y manejo actual de algunas palmas no explotadas bajo cultivos comerciales, para identificar múltiples sistemas productivos.

Teniendo como referente las estrategias que hacen viable el desarrollo de sistemas integrados de producción (Ocampo, 1997), es posible comprender el rol de la palma en estos sistemas:

La producción de biomasa

Un camino para lograr el incremento de la productividad por unidad de área, es la mayor productividad de biomasa total. Esto es, lograr no solo la mayor productividad en una especie, sino en la totalidad de la productividad de la unidad de producción. Este es un aspecto especial del trópico, que dispone de las condiciones básicas para producir grandes cantidades de biomasa durante todo el año, a partir de lograr mejores eficiencias en la utilización de la energía solar.

El rendimiento mundial de la palma africana expresado en su equivalente energético de la biomasa producida, es significativamente mayor que el de otros cultivos. Alcanza un valor de 156 miles de MJ, mientras que las raíces de la batata (*Ipomoea batata*) de 57, de la yuca (*Manihot esculenta*) de 49 y el maíz de grano 51.

Más interesante resulta el análisis de la producción neta de biomasa del ecosistema palma africana de aceite, tanto en lo que hace referencia a su incremento anual, como a la circulación de la misma en este ecosistema. Se ha estimado que el incremento de biomasa anual puede llegar a 17,4 ton/ha/año y la biomasa en circulación a 11,9 ton/ha/año. En otro ecosistema como el de bosque primario en Malasia, el incremento de la biomasa se estima en 5,83 ton/ha/año y la biomasa en circulación de 19,1 ton/ha/año (Kira, 1978; Corley, 1971; Mar-Moelller *et al*, 1954; Yoda, 1967, citados por Mutert, E.). Podría decirse, entendiendo las implicaciones de la importancia y significado de un bosque que trascienden las de producción de biomasa, que el cultivo de la palma africana sería un bosque altamente productivo.

Un desarrollo importante para obtener este comportamiento, ha sido el logrado en la filotaxia del sistema foliar de la palma, el cual por la distribución espacial de las hojas, le permite tener una cobertura que se aproxima a los 360°, alcanzando un área foliar por palma que oscila entre los 200 y 350 m² (Peralta 1991).

Otro aspecto de gran importancia en la incorporación de muchas de las palmas a diferentes alternativas de producción, es su posibilidad de asociación, a partir del manejo de los estratos de producción. Buen número de las palmas nativas, alcanzan a su edad adulta una altura que no genera mayor tipo de competencia con el estrato bajo, por consiguiente, es factible obtener importantes beneficios del estrato superior en un arreglo productivo con palmas.

Producción de energía

En primera instancia, hace referencia a la productividad de energía en los cultivos tropicales, es decir, su capacidad de producir MJ/unidad de área. Esto es bien importante, porque la intensificación de la producción, deberá estar asociada a la mayor productividad de energía por unidad de área. En términos más amplios, la fuente de energía que el sistema utilice para todos sus procesos es muy importante, si su origen está en el combustible fósil, el viento, el agua, la materia orgánica y la producción de biogás, la biomasa y la generación de gas pobre o de tipo fotovoltaico, determinará la autosuficiencia del sistema productivo y su impacto sobre el medio ambiente.

El balance anual de energía que ofrecen los cultivos productores de aceite, es positivo e incluso tiende a superar el presentado por los cultivos que tradicionalmente se han venido utilizando como fuente energética para la alimentación animal. Expresada la energía en Giga joules/ha, la palma africana tiene un ingreso de 20 y una salida de 164, la soya (*Glicine max*) una entrada de 20 y una salida de 48 y la colza (*Brassica* sp.) una entrada de 25 y una salida de 60 (Wood, y Corley, 1991, citados por Mutert, E.).

La generación de energía a partir de los subproductos de la palma africana, es una ventaja comparativa importante, pues favorece la autogeneración energética que se requiere durante el proceso de extracción del aceite. La cascarilla tiene un poder de combustión de 4,9 Mcal/kg. (Base seca), la fibra de 4,4 y el ráquis de 4,3, valores cercanos a un carbón de mediana calidad, es decir, 6 Mcal/kg. (Base seca).

La Integración

Definitivamente, aquí está la clave de la lógica de los sistemas productivos. La integración no solo de la parte agrícola y pecuaria, sino, de las diferentes especies y de las cadenas alimentarias que se logren diseñar para maximizar el uso de los recursos disponibles. Entre mayor sea el grado de integración, mayor será la eficiencia de la energía introducida al sistema productivo, puesto que serán cada vez menores las pérdidas dentro del mismo.

La utilización de los productos y subproductos de la palma africana, hacen posible lograr un alto nivel de integración y permite la diversificación de especies en la unidad de producción. La utilización del fruto en la alimentación del cerdo, el uso del aceite en dietas para cerdos, aves, equinos, bovinos y ovinos; el uso de la cachaza (subproducto de la

extracción de aceite) en la elaboración de bloques nutricionales para bovinos y ovinos, en dietas para cerdos; el uso de los efluentes (subproducto de la extracción de aceite) en el engorde de cerdos y bovinos y el uso potencial del estiércol generado por las diferentes especies para ser utilizado como generador de energía, en la elaboración de bloques nutricionales o como fertilizante orgánico. Es posible a su vez, la extracción de jugo de la inflorescencia de la palma, así como la elaboración de vino.

El ciclaje y reciclaje de nutrientes

Entender los ciclos de nutrientes, el origen de los mismos y la dinámica en los procesos productivos, hace factible diseñar alternativas de manejo que mantengan la productividad del suelo o del cultivo, así como lograr un mejoramiento progresivo de las condiciones básicas de la producción.

La oportunidad de reciclar importantes cantidades de biomasa proveniente del manejo y explotación del cultivo de palma africana, le permite una mayor autosuficiencia nutricional al cultivo, disminuyendo así la demanda por fertilizantes externos al sistema. El contenido nutricional del ráquis, que equivale al 25% del peso del racimo (N 35%, K 22%, P 2,8%, Ca 1,49% y Mg 1,75%), se constituye en una de las vías importante para el retorno de nutrientes (Ocampo, 1995a); de igual manera, cada tonelada de hojas producto de la poda periódica, aporta al suelo un equivalente de 7,5kg. de N, 1,06kg. de P, 9,1kg. de K y 2,79kg de Mg, cifra que toma relevancia al considerar que se producen 10 ton de hojas cortadas por año (Calvache, 1997).

Otra fuente de nutrientes en el sistema, estaría constituida por las heces de los animales alimentados con productos y subproductos de la explotación de la palma, cifra que puede alcanzar niveles importantes en la medida que la integración agrícola y pecuaria se intensifique.

La eficiencia

Este es el reto central. Lograr sistemas que mejoren esta condición, es la oportunidad del trópico para hacer mejor utilización de su potencial productivo.

Ya se mencionó el balance favorable que el cultivo de la palma africana de aceite tiene en relación a la entrada y salida de la energía, lo cual hace de este cultivo, un cultivo eficiente. Pero en la perspectiva de la producción animal, este aspecto es quizás más interesante. Un análisis

reciente (Ocampo A, Chavarro P, Hacienda Santana, 1997, datos sin publicar), de las cantidades de energía y proteína ofrecidas a cerdos bajo un programa comercial de engorde, estableció que era posible engordar un cerdo con cantidades decrecientes de energía, dependiendo del producto o subproducto de la palma utilizado. Bajo condiciones homogéneas de oferta de proteína (290 g/d), cuando se ofreció cachaza a los cerdos, estos recibieron 10,516 kcal/d, al recibir fruto entero fresco 5,634 kcal/d y cuando se les ofreció lodos o efluentes 3,138 kcal/d. Se obtuvo en todos los casos una ganancia promedia de 550g/d. Lo anterior permite evidenciar la ventaja comparativa de utilizar una fuente de ácidos grasos, como los recursos de la palma, en la alimentación del cerdo.

Procesos limpios

Todo lo anterior apunta de alguna manera, a lograr que el proceso productivo sea limpio y que como resultado del mismo se incremente la productividad, sin detrimento del medio natural y las condiciones de vida de la sociedad.

LOS ÁCIDOS GRASOS DE LAS PALMAS, EJE ENERGÉTICO DEL TRÓPICO

Este es el mensaje central. Hasta ahora los ácidos grasos en la nutrición animal han jugado un papel marginal, siendo en consecuencia privilegiado el enfoque del uso de carbohidratos y en algunos casos azúcares (bien importante el referido a la caña de azúcar), como fuentes de energía; lo cual ha implicado necesariamente el uso de cereales en la producción animal.

Las palmas son de hecho, las mayores y más importantes productoras de ácidos grasos, en consecuencia, estas podrían soportar una estrategia energética para la producción animal en el trópico.

Como un aporte a esta discusión, se presentan algunos de los resultados obtenidos en diferentes especies animales, donde la oferta de ácidos grasos ha jugado un papel determinante (Ocampo, 1995a, 1995b, 1996a, 1996b, 1997; Ocampo *et al.*, 1995; Peñuela, 1997).

Se ofreció cachaza (subproducto de la extracción de aceite) a los cerdos y se evaluaron diferentes niveles de restricción de la proteína teniendo como testigo los niveles recomendados por el NRC (1988) como sigue: T0 recibió 256g/d durante la fase de levante, 256g/d durante el desarrollo y 360g/d en la ceba; los otros tratamientos recibieron un solo nivel de oferta durante todo el período de engorde, Ta recibió 256, Tm

228 y Tb 200 g/d; la proteína fue fortificada con vitaminas y minerales. Teniendo como referencia el ciclo total o fase consolidada (22 a 90 kg), la mayor ganancia diaria de peso fue obtenida por el tratamiento testigo (T0) con 0,558 kg, seguido del Tm, Ta y Tb con 0,545, 0,532 y 0,505, respectivamente. No hubo diferencia significativa entre los tratamientos, a pesar de recibir cada uno diferentes niveles de proteína. El mayor consumo de cachaza se presentó en el Tb con 2,56kg/d, seguido del Ta, T0 y Tm con 2,45, 2,33 y 2,23kg, respectivamente.

Se ha evaluado el uso del aceite crudo de palma africana en la alimentación del cerdo, obteniéndose buenos resultados biológicos y económicos, al utilizar niveles de 400 a 500g/d, durante el periodo de engorde (20 a 90kg), asociado a niveles restringidos de proteína fortificada con vitaminas y minerales (200 a 220g/d). El aceite se ha constituido en una puerta de entrada para la inclusión de proteína «verde», a partir de diferentes cultivos tropicales, *Azolla filiculoides*, *Trichantera gigantea* (hojas), *Manihot esculenta* (hojas). Se ha logrado sustituir eficientemente el 20% de la proteína tradicional (torta de soya) por las fuentes forrajeras, con buenos resultados; con ganancias diarias de peso entre 500 y 550g, con una oferta de proteína y de energía aproximadamente 50% inferior a lo establecido por los cuadros nutricionales para cerdos en los sistemas basados en cereales. La conversión alimenticia oscila entre 1,9 y 3,0, demostrando la eficiencia de esta alternativa de alimentación.

A partir de la inclusión del aceite crudo de palma africana en dietas para cerdos de engorde en pastoreo (alojados en potreros), se ha logrado respuestas positivas tanto biológicas como económicas, con ganancias de peso entre los 450 y 500g/d., siendo determinante en este tipo de manejo y producción del cerdo, el mejoramiento del suelo que se obtiene mediante la presencia de los animales y como producto de su propia etología; además, la producción se logra con un ambiente animal excelente. La idea básica es producir carne y simultáneamente mejorar las condiciones del suelo, a partir de lograr una mayor actividad orgánica en el mismo, por los aportes de precursores orgánicos que el animal hace y el manejo de los residuos de alimentación, cuando se utilizan volúmenes altos de forraje en la dieta.

Se evaluó el uso del fruto fresco de palma africana de aceite como fuente básica de energía en la alimentación del cerdo y posteriormente se evaluó este recurso asociado a diferentes niveles de pulidura de arroz

como fuente de carbohidratos; en todos los casos utilizando en promedio 200g/d de proteína, fortificada con vitaminas y minerales. Los tratamientos consistieron en 100, 200, 300 y 400g/d de pulidura de arroz durante la fase de levante y 150, 250, 350 y 450 en la ceba; el fruto se ofreció a voluntad. Las ganancias diarias de peso para todo el período (levante y ceba) fueron 0,485, 0,515, 0,492 y 0,497kg, respectivamente, con conversiones alimenticias en materia seca de 3,2, 3,2, 3,3 y 3,3, respectivamente. Los consumos voluntarios de fruto entero (kg/d), fueron 1,1, 1,1, 1,0 y 0,90 respectivamente. No se encontraron diferencias significativas para ninguna de las variables evaluadas.

Recientemente se ha evaluado el uso de los lodos o efluentes (resultado del proceso de extracción de aceite), en el engorde del cerdo (20 a 90kg), lográndose ganancias diarias promedio de 500 a 550g/d, con una oferta diaria de proteína de 250g/d, fortificada con vitaminas y minerales y un consumo de efluentes promedio de 12 l/d. El contenido de materia seca de los lodos es de 3% y el contenido de grasas de estos en base seca es de 12,23%. Es importante mencionar que los efluentes, por su alta demanda de oxígeno (D.B.O 19,000 mg/l; D.Q.O. 32,000 mg/l), pueden constituirse en una fuente de contaminación de los recursos hídricos cercanos a las plantas extractoras.

El aceite crudo de palma también se ha evaluado en la alimentación de pollos tipo broiler, bajo un sistema de semiconfinamiento y asociado a árboles. En términos generales, los pollitos son manejados de manera tradicional durante sus dos primeras semanas de vida (criadoras, fuente de calor, alimento balanceado y plan de vacunación recomendado para la zona); posteriormente tienen acceso al pastoreo debajo de los árboles y en la noche regresan a un refugio. Los animales a partir de la segunda o tercera semana de vida, reciben una mezcla de una fuente de proteína (torta de soya 97,5%, tricalfos 2%, mezcla de vitaminas y minerales 3% y sal 0,2%), con una de energía (100% aceite crudo de palma o 80% aceite y 20% pulidura de arroz). En algunos casos, los pollitos tienen acceso al consumo de *Azolla filiculoides* desde la segunda semana de vida hasta lograr su peso final. Los pesos finales obtenidos oscilan entre 1,9 y 2,1kg a las 7 semanas de vida; una conversión acumulada entre 1,5 y 1,7; consumos acumulado ave/día entre 510 y 630g; rendimiento en canal entre 76 y 79%; consumo de azolla de 40 a 180g/d.

Un trabajo realizado por Álvarez (1990), reportó buenos resultados al ofrecer una mezcla a voluntad de efluente-urea, a novillos de engorde en pastoreo en una pradera de *Brachiaria decumbens*. Cuarenta animales

durante 70d experimentales tuvieron una ganancia diaria de 607g, consumiendo 2,75 galones de efluente, entre 10 y 40g de urea, con una carga animal de 2,8 unidades. La producción de kg de carne/d/ha fue de 1,7, cifra muy superior a los promedios nacionales.

Álvarez (1989), determinó que los solubilizados de ácidos grasos son una buena fuente de energía palatable y por su alto valor energético mejoran la calidad de la ración. Su energía neta de mantenimiento esta en 4,55 Mcal/kg y su energía neta de producción en 2,60 Mcal/kg. Alimentando 12 animales machos Cebú castrados mestizos, de edad estimada entre 12 y 36 meses, durante 132d, obtuvo incrementos de 645 g/d, utilizando niveles de 3 a 8% de solubilizados. Un kg de ración suministra proteína 26%, TDN 61%, Mcalm 0,964, Mcalp 0,404, fibra 20,5%, Ca 0,62% y P 0,37%.

Otro trabajo realizado en Puerto Gaitán (Meta, Colombia), evaluó la respuesta al bloque energético en bovinos de engorde: 45 novillos por grupo durante 67 días, con un peso inicial promedio de 250kg; cuatro tratamientos: *Brachiaria decumbens* sin bloque, sabana nativa sin bloque; y dos en sabana nativa de guaratara (*Axonopus purpussi*) con bloque al 10% de aceite crudo de palma o solubilizados de ácidos grasos. Las ganancias fueron de 146 g/d para el grupo en sabana nativa, 420g para el de sabana nativa más bloque 10% de aceite, 443g para el grupo de sabana nativa más bloque 10% solubilizados y de 450g para el de *Brachiaria*. Los animales consumieron en promedio 220g/d de bloque.

CONCLUSIÓN

Las palmas tropicales son un recurso valioso para la vida en el trópico. Su alta diversidad y oportunidad de usos, así como su alto contenido nutricional representan alternativas importantes para el diseño de nuevos sistemas productivos, donde sea posible expresar el dialogo entre los distintos conocimientos sobre este recurso y donde su riqueza encuentre un nicho adecuado para expresarse. Las palmas tienen la posibilidad y potencialidad, de constituirse en la base energética del trópico y de esta manera, intensificar la producción animal, sin perder el anuncio ancestral de que las palmas representan una estrategia de vida tropical.

Bibliografía

- Borin Khieu & Preston, T.R.**, 1995. Conserving biodiversity and the environment and improving the wellbeing of poor farmers in Cambodia by promoting pigs feeding systems using the juice of the sugar palm tree (*Borassus flabellifer*). In: *The proceedings of the second international conference on increasing animal production with local resources*, October 27-39, 1995, Zhanjiang, China. pp 98-102.
- Borin Khieu, Preston, T. R. & Lindberg, J. E.** 1996. *Juice Production from the sugar palm tree (Borassus flabellifer) in Cambodia and performance of growing pigs fed sugar palm juice*. pp 1-9.
- Calvache G., H.**, 1997. La Palma de aceite, cultivo sostenible. En: V Seminario-Taller Internacional 'Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria' y Primer Seminario Internacional 'Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Collazos, María Elena**, 1987. *Fenología y Poscosecha de mil pesos Jessenia bataua (Mart) Burret*. Tesis de grado presentada como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia.
- Dugand, A.**, 1972. Las palmera y el hombre. *Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca* CESPEDESIA, 1(1 y 2):31-102. Cali, Colombia.
- Dugand, A.**, 1976. Palmas de Colombia. *Boletín científico del Departamento del Valle del Cauca* CESPEDESIA, 5(19 y 20):297-245. Cali, Colombia.
- Galeano, Gloria**, 1992. Las palmas de la región de Araracuara. Estudios en la Amazonia Colombiana. *Tropenbos - Colombia*. Volumen 1. Bogotá, Colombia.
- Henderson, A., Galeano G. & Bernal R.**, 1995. *Field Guide to the Palms of the Americas*. Princeton University Press. United States of America. 352 pp.
- Johnson, D.**, 1997. The role of palms in future tropical production systems and strategic palm species for human nutrition. En: V Seminario-Taller Internacional 'Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria' y Primer Seminario Internacional 'Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Mejía, K**, 1997. Utilización de las palmeras en la amazonia peruana. En: V Seminario-Taller Internacional 'Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria' y Primer Seminario Internacional 'Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Mutert W., E.** *La Palma aceitera, el cultivo dorado de los trópicos*. Director de la Oficina para el Sureste Asiático del Instituto de la Potasa y el Fósforo. Singapore. Mimeógrafo.
- Moog, F.A.**, 1997. Roles of Coconut and the Potential of Coco-Palm Juice in Animal Production in the Philippines. En: V Seminario-Taller Internacional 'Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria' y Primer Seminario Internacional 'Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Ocampo, A.**, 1995a. *La Palma Africana (Elaeis guinnensis Jack), Recurso Estratégico en Sistemas Integrados de Producción Tropical*. Tesis Magister en Desarrollo Sostenible

- de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana, convenio con la Fundación CIPAV y el Instituto Mayor Campesino. Santafé de Bogotá.
- Ocampo A.** 1995b. The African Oil Palm: strategic resource for animal production in the tropics. In: *First FAO electronic conference on Tropical Feeds* (On the internet FAO home page), FAO, Rome.
- Ocampo, A., Peñuela Lourdes. y Mejía, M.** 1995. *Desarrollo de Sistemas Sostenibles de producción para los Llanos Orientales de Colombia*. Proyecto Fundación Horizonte Verde - Fundación Yamato - Corporación Ecofondo. Puerto Gaitán, Meta.
- Ocampo, A.** 1996a. The African Oil palm in integrated farming systems in Colombia: new developments. In: *Second FAO electronic conference on Tropical Feeds* (On the internet FAO home page), FAO, Rome.
- Ocampo, A.** 1996b. Estrategia Energética en la Producción Bovina a partir del cultivo de Palma Africana y su potencial de Integración. En: *Seminario Ceba Bovina Intensiva y Semi-intensiva: Alternativa Rentable al año 2000*. Corporación CIPEC. Pereira, octubre 3 al 5.
- Ocampo, A.** 1997. Sistemas Integrados de Producción: base de la Ganadería del Tercer Milenio. En: Seminario Internacional '*La ganadería del Tercer Milenio: Sistemas Integrados de Producción*'. Banco Ganadero y la Corporación para el Desarrollo Integral del sector Pecuario - CIPEC, Santafé de Bogotá, 27 al 29 de noviembre.
- Peñuela R., Lourdes,** 1997. La contribución de Sistemas Porcinos al manejo de las sabanas orinocenses. En: V Seminario - Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.
- Peralta, F.** 1991. Influencia de los factores climáticos sobre el crecimiento y producción de la palma aceitera. En: *XIX Curso de Palma Aceitera*, ASD, Costa Rica.
- Zuluaga R., G.** 1997. Etnomedicina de las palmas tropicales. En: V Seminario -Taller Internacional '*Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*' y Primer Seminario Internacional '*Palmas en Sistemas de Producción Agropecuaria para el Trópico*'. Organizado por la Fundación CIPAV, agosto, Cali.

Comentarios

R. Sánchez, G. Febles, T. E. Ruiz y J. Alonso

El recurso palma es un tema poco tratado y estudiado dentro del contexto de estas disciplinas independientemente de la utilidad que pudieran brindar en sistemas integrados en áreas tropicales. En Cuba existen alrededor de un centenar de especies de palmas, el 90% de las cuales son endémicas. *Roystonea* o Palma Real es un árbol nacional, y aunque no es endémica de Cuba su presencia en nuestro escudo es un detalle admirable del paisaje cubano, por ello generalmente se considera como un elemento que representa la cubanía. Es una planta útil ya que de su tronco se hacen tablas para la casa del hombre de campo y también preciosos bastones. Las pencas sirven para techar casas y dar sombra al tabaco; con espatas se hacen catauros y con las yaguas se hacen tercios para envasar tabaco en ramas. Las flores son muy visitadas por las abejas; los frutos, numerosísimos llamados palmiches son un excelente alimento para la ceba de cerdos con un contenido de proteína bruta cercano a 4% y una energía digestible de 7,5 MJ/kg. Se pueden hacer escobas, sopas, ensaladas y el aceite de palmiche puede utilizarse en la fabricación de jabón. La palma florece y fructifica todo el año y cada planta ofrece de dos a ocho racimos de palmiche anualmente.

Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia

Siavosh Sadeghian,* Juan Manuel Rivera** y María Elena Gómez*

* Fundación CIPAV, Cali, Colombia

** Planeación Ambiental, Corporación Autónoma Regional del Quindío.

SUMMARY

This article is a review of the basic aspects of soil fertility and its physical, chemical and biological components. General results of three research projects related to ranching activities and their effects on soil characteristics are summarised. The first one evaluates nutrient cycling in a protein bank with *Gliricidia sepium* where the increase in organic matter (20%) and phosphorus (15%) are emphasized. The second project determines and evaluates the fertility of the soil in protein banks of Nacedero (*Trichanthera gigantea*) and Chachafruto (*Erythrin edulis*) and a pasture. The results show the contribution of these systems to fertility. The third one shows the effects of different coffee agroecosystems, native forests and/or bamboo and three types of cattle ranching systems (mainly intensive in nature) on soils in six municipalities in the department of Quindío. The most relevant points with respect to the cattle operation are the well-known increase in compaction, changes in the soil-water-air relationship and the modification of the proportion of K with respect to the Ca and Mg.

INTRODUCCIÓN

Si bien la ganadería es una actividad productiva creciente en el área que ocupa, cada vez sus efectos negativos para el suelo se hacen más evidentes. Por eso uno de los retos más grandes que enfrenta la investigación en los trópicos húmedos y sub-húmedos es la necesidad de desarrollar una agricultura viable con sistemas de cultivos que sean capaces de asegurar la producción incrementada y sostenible con un mínimo de degradación del recurso suelo (Kang, 1994). Las investigaciones que se realizan sobre sistemas agroforestales donde se pretenden evaluar las ventajas y los efectos benéficos deben incorporar cada vez elementos y metodologías que permitan demostrarlas y evidenciarlas.

En este proceso deben participar en forma conjunta profesionales de varias disciplinas (biológica, económica y social) y productores. Ello permitirá analizar de una manera más integral y real las verdaderas implicaciones, aportando elementos para la toma de decisiones sobre la implementación de dichos sistemas. «Porque aquellos que son capaces de leer los signos que reflejan cómo le está yendo a la tierra y de comprender las consecuencias, tienen una mejor oportunidad de lograr un uso sostenible efectivo de la tierra» (Campbell, 1994 citado en LEISA, 1997).

ASPECTOS GENERALES SOBRE LA FERTILIDAD DEL SUELO

La fertilidad es la forma indirecta de medir la capacidad de producción de suelos y la manera clásica de medirla ha sido a través de la caracterización química y física. Su conservación se ha basado en el balance de nutrientes, que incluye la cantidad presente en el suelo, la cantidad que extraen los cultivos para una producción esperada y la eficiencia de absorción de los nutrientes por las plantas aplicados como fertilizantes de síntesis.

Se considera que el suelo es un ecosistema vivo y complejo compuesto por agua, aire, sustancias sólidas e infinidad de seres vivos que interactúan activamente. Todos estos elementos son determinantes para la presencia y disponibilidad de nutrientes, los cuales inciden sobre la condición del suelo y la permanencia de las actividades agropecuarias en un sistema productivo. Por estas razones el análisis sobre la calidad del suelo debería hacerse en términos más amplios que incluyan parámetros físicos-químicos, biológicos y ambientales.

Las alteraciones locales de un ecosistema tropical, por sutiles que parezcan, pueden producir reacciones en cadena o red capaces de alterar en proporción exponencial todo el ecosistema. Por lo tanto es importante recordar que en promedio la fertilidad de un bosque tropical se encuentra en un 30% en el suelo y un 70% la biomasa del bosque mismo, o mejor en las interacciones entre especies que conforman esta biomasa (Hilderbrand *et al.*, 1994).

Si se mantienen esos principios ecológicos de un ecosistemas natural (por ejemplo el establecimiento de ciertos árboles en cultivos anuales como la mejor manera de preservar la fertilidad y la estructura de muchos suelos tropicales) es probable que a largo plazo esto produzca el más alto rendimiento del agricultor (Altieri y Yurjevic, 1991).

EFFECTO DE LA GANADERÍA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

Lal (1996), determinó los efectos de la deforestación, la labranza de «post desmonte» y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo, durante 1978 a 1987 en sur oeste Nigeriano. Los resultados mostraron que la deforestación y los cambios en el uso del suelo causan cambios drásticos en las propiedades físicas e hidrológicas del suelo, los cuales habían sido extremadamente favorables bajo el sistema boscoso antes de la tala. La densidad aparente y la resistencia a la penetración como indicadores de la compactación se incrementaron significativamente y con ello la infiltración se vio reducida debido al pisoteo del ganado (3 cabezas por hectárea).

Pinzón y Amézquita (1991) midieron los cambios de las propiedades del suelo, como resultado de su compactación por el pisoteo de animales en pasturas del piedemonte de Caquetá (Colombia). Los resultados de esta investigación revelaron que los animales en pastoreo modifican substancialmente las propiedades físicas de los suelos del piedemonte amazónico. Sin embargo la intensidad de estos cambios depende de la zona y la especie cultivada, siendo más drástico en suelos con guaduilla (*Homolepis aturensis*) que pasturas de *B. decumbens* y más en áreas de lomerío (altura pequeña en el terreno) y de terrazas que en las vegas. La compactación fue mayor en los primeros 15 cm, ocasionando una severa disminución en la porosidad y cambios desfavorables en la relación suelo-agua-aire que afectan el desarrollo de las raíces de las plantas y su

productividad. Con relación a la estructura, se encontró una pérdida de esta característica por pisoteo.

Sánchez. *et al.* (1989) evaluaron diferentes niveles de pisoteo (0; 3,3; 6,6 y 8,3 animales/ha/año) sobre las características del suelo. En este experimento ellos utilizaron rotaciones de 3 potreros, para un tiempo total de 42d (14 d/potrero), con animales de 2 años de edad, Pardo Suizo x Cebú, cuyo peso inicial era de 180kg. Los resultados mostraron que la densidad aparente, como indicador de la compactación mostró valores más bajos a medida en que se disminuía el número de animales. El pisoteo redujo la porosidad total, teniendo mayores efectos sobre la macroporosidad. La biomasa de lombrices mostró una correlación negativa con respecto a la densidad aparente.

El pisoteo, la defoliación y el retorno de nutrientes por los animales pueden considerarse en términos generales como los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo. En cuanto al reciclaje de nutrientes se refiere, son evidentes los efectos en la transferencia de nutrientes vegetales en los potreros debido a los productos excretados por los animales en potreros. La mayor parte de estos nutrientes se retorna al pastizal en forma de heces y orina, cuya cantidad es considerable. Las excretas contienen los nutrientes necesarios para las plantas y en las proporciones deseadas aproximadamente. Sin embargo esos nutrientes no pueden estar todos inmediatamente disponibles para las raíces de las plantas. La orina es rica en N, K, y S mientras que las heces contienen todo el fósforo, parte orgánico (poco asimilable) y parte inorgánico (bastante disponible de inmediato), así también la mayoría del Ca y Mg pero mucho menos K, Na, N y S, siendo estos dos últimos disponibles solo lentamente. Teóricamente, los mismos nutrientes pueden ser usados varias veces por las plantas y animales en un período corto, mientras que puede tomar un año o más el crecimiento normal de la planta para descomponer y liberar nutrientes para la utilización por otras plantas (Hilder citado por Funes, 1975). El agotamiento de las reservas por debajo de un nivel crítico puede ocasionar la muerte de la planta y, por consiguiente, la cubierta basal en los pastizales sujetos a sobrepastoreo, lo que usualmente va asociado con el incremento de especies de gramíneas indeseables y malezas y también con la erosión y deterioro del suelo (Weinmann citado por Funes, 1975).

La ganadería puede jugar un papel importante en el mantenimiento de la fertilidad del suelo. En particular los sistemas cerrados de granjas

mixtas pueden renovar o reponer una fracción sustancial de los nutrientes del suelo, y por consiguiente reducir la necesidad de aplicar fertilizantes inorgánicos. Resulta difícil estimar los beneficios económicos del mejoramiento de la estructura del suelo como un resultado de la adición de materia orgánica. Sin embargo a nivel general se puede afirmar que la adición de fertilizantes orgánicos incrementa la capacidad de intercambio catiónico y mejora las condiciones físicas por el incremento de la capacidad de retención de agua y por ende la estabilidad estructural, entre otros.

En cuanto a las deficiencias nutricionales del sistema y el control de la erosión, se podría hacer énfasis sobre practicas que conduzcan al reciclaje mas eficiente de nutrientes, entre estos se puede mencionar:

- Mejoramiento del suelo, haciendo uso de coberturas vegetales (mulch), preparación del suelo con labranza reducida, prácticas de conservación como construcción de terrazas y el uso de barreras, etc. (Amézquita, 1994).
- Mejoramiento de la producción y calidad de alimento, con la reducción de presiones sobre potreros, favoreciendo la transferencia interna de nutrientes, con prácticas como: (1) introducir árboles y arbustos forrajeros para reducir la erosión y contribuir a la fertilidad del suelo (Montagnini *et al.*, 1992); (2) mejorar la calidad de alimento para el ganado, por ejemplo a través de enriquecimiento de la dieta con urea (Preston y Leng, 1989); (3) usar alimentos no convencionales como caña de azúcar, frutos de árboles, hojas de bambú, etc (Preston y Murgueitio, 1992); (4) reducir la pérdida de nutrientes y utilizar métodos que aumenten la eficiencia de la aplicación de fertilizantes.

SISTEMAS AGROFORESTALES Y EL SUELO

Los árboles en sistemas agroforestales cumplen funciones ecológicas de protección del suelo disminuyendo los efectos directos del sol, el agua y el viento (Montagnini *et al.*, 1992; Fassbender, 1993). También pueden modificar las características físicas del suelo como su estructura (por la adición de hojarasca, raíces y tallos incrementan los niveles de materia orgánica), la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Yung, 1989). El sistema radicular extendido y profundo aumenta

el área disponible para captar agua y nutrientes. Además, las formas arbóreas constituyen un mecanismo efectivo de capturar y retener carbono atmosférico (Gutiérrez, 1995).

Por todas estas condiciones los sistemas agroforestales son una opción de uso en los trópicos húmedos, zonas de montaña, zonas sub húmedas y desérticas en su condición de ecosistemas frágiles. Investigaciones que respaldan las recomendaciones para el manejo de los suelos de la ladera andina y usos pecuarios con Sistemas silvopastoriles:

Ciclaje de nutrientes en un banco de *Gliricidia Sepium*

En la hacienda el Hatico situada en el Valle del Cauca (Colombia), en una zona correspondiente al bosque seco tropical en el municipio del Cerrito, se evaluó durante un año el ciclaje de nutrientes mediante una ecuación de balance de nutrientes en un banco de *Gliricidia sepium* con cuatro años de establecido. La ecuación de balance utilizada fue:

$$Q_i = Q_v + Q_h + Q_f$$

Q_i = Cantidad inicial en el suelo (kg/ha) de MO, P, K, Ca, Mg.

Q_v = Cantidad de nutrientes (kg/ha) en el forraje verde en cuatro cortes (66,3ton en verde, que corresponden a 15,2ton de materia seca).

Q_h = Cantidad de nutrientes (kg/ha) en la hojarasca (3,38ton MS).

Q_f = Cantidad final en el suelo (kg/ha) un año después.

Se encontró que el balance de nutrientes en kg/ha/año ($Q_f + Q_v + Q_h - Q_i$) fue positivo, se activó la absorción y la circulación de nutrientes (997kg para el N, 50kg para el P, 314kg para el K, 282kg para el Ca y 125kg para el Mg), con lo que se concluyó que además de la fijación de nitrógeno atmosférico y el aumento la retención de carbono en el suelo (20% de materia orgánica en un año), *Gliricidia sepium* también contribuye al ciclaje y reciclaje del P, K, Ca y Mg (Gómez y Preston, 1996).

Evaluación de bancos de proteína, enfatizando la fertilidad del suelo

En el municipio de El Dovio (Valle del Cauca-Colombia) sobre la cordillera occidental en una zona marginal cafetera que corresponde a bosque húmedo premontano, se evaluaron dos bancos de proteína como sistemas comparados con un potrero, enfatizando en la fertilidad entendida como la expresión de la interacción de las diferentes variables

físicas, químicas y biológicas que la generan (Gómez, 1997). Los sistemas evaluados fueron:

- Banco de nacedero (*Trichanthera gigantea*) con dos años de establecido en un lote proveniente de potrero de estrella (*Cynodon nlemfuensis*).
- Banco mixto nacedero (*T. gigantea*) - chachafruto (*Erythrina edulis*) con nueve años .
- Potrero con 12 años, compuesto por mezclas de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), braquiaria (*Brachiaria decumbens*), yaraguá (*Melinis minutiflora*) y gramas nativas (*Paspalum*) sp, así como algunas especies de leguminosas herbáceas como *Desmodium* sp y *Stylosanthes* sp.

Los resultados mostraron que el contenidos de materia orgánica fue mayor en el potreros (7,7%), en comparación a los bancos de nacedero (5,9%) y mixto (5,5%). Si los contenidos de materia orgánica en el suelo están influidos por varios factores como el material parental, el clima, la acidez, el tipo de vegetación y la biota del suelo (Fassbender, 1993) y en orden de importancia los primeros factores son la vegetación y el clima, y después está el materia parental (Jenny citado por Fassbender, 1993; Nye y Greenland; Williams y Joseph citados por De Las Salas, 1987), se podría decir que esta diferencia podría deberse a la vegetación, las relaciones que allí ocurren y por el manejo de plantas y animales.

Los contenidos de P fueron: 71ppm para el banco mixto, 11ppm para el nacedero y 5 ppm para el potrero. Con respecto al P en el suelo, este depende del material parental y en las áreas tropicales parece estar ligado con la materia orgánica (Fassbender y Bornemisza, 1987). Sin embargo en el potrero, donde la materia orgánica fue mayor, el contenido de fósforo fue menor.

Las variables físicas medidas fueron la porosidad y la compactación, las cuales están relacionadas con los espacios porosos en el suelo, a través de los cuales circula el aire y el agua. Los valores encontrados para la porosidad (%) y la compactación (kgf/cm²), medida a los 5 y 10cm fueron: 43%, 1,8 y 1,4 (kgf/cm²) para el banco de nacedero; 39,8%, 1,9 y 1,6 (kgf/cm²) para el banco mixto y 32%, 2,2 y 2 (kgf/cm²) para el potrero.

Las variables biológicas evaluadas fueron para la mesofauna, el número de grupos e individuos. Se encontraron 8 grupos promedio por muestra para el banco de nacedero y el banco mixto y para el potrero 5. Con estos datos se observa una relación directa de las variables biológicas con las físicas.

Con respecto al fósforo se presenta una diferencia considerable con respecto al banco mixto el cual involucra una especie leguminosa como es la *E. edulis*. Primavesi (1987) dice que existe una movilización potencial del fósforo en la rizósfera por micro organismos como bacterias (*Aerobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*), hongos (*Aspergillus*, *Alternaria*, *Penicillium*) y las micorrizas son las más estudiadas. También la disponibilidad de fósforo puede estar ligada a leguminosas herbáceas y las cuales movilizan cantidades apreciables por ejemplo caupí (*Vigna sinensis*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*) y árboles como matarratón o *Gliricidia sepium* (Gómez, 1993) y pízamo o *E. fusca* (Rodríguez, 1992).

En estos sistemas se generan entonces una serie de relaciones en cadena, donde convergen todas las variables donde los nutrientes son disponibles y que hacen eficiente el funcionamiento de un sistema.

Como una prueba complementaria en la que se expresan todas las variables se realizó una prueba de fertilidad que es método rápido y sencillo que indica el actual estado de fertilidad de determinado suelo, el cual se basa en el desarrollo de plantas de maíz (*Zea mais*) expresado en altura de las plantas en centímetros y número de hojas formadas en un tiempo determinado (20 a 40 días). Las semillas se siembra en bolsas (capacidad de 250g) donde el suelo utilizado para el llenado se extrae a una profundidad de 0-25cm de los sistemas que se quieren evaluar y/o compara. Se utiliza el maíz por ser muy sensible a la fertilidad del suelo, donde su productividad también es un buen indicador (Bunch y López, 1995).

En esta prueba se expresa el desarrollo frente a un patrón de fertilidad donde las plántulas alcanzan un mayor desarrollo, que en este caso fue lombricompuesto. Las plántulas de maíz alcanzaron en el suelo del banco mixto un mayor desarrollo (78% del control), que las del banco de nacedero (73%) y que las del potrero (53%).

La producción de biomasa total en el banco mixto fue de 98,5 ton/ha/año (dos cortes año), que corresponde a 81,9ton de forraje verde, 3,6 ton de material ligeramente lignificado que puede utilizarse como material de propagación (estacas) y 13 ton de hojarasca aportadas al

ciclaje de los nutrientes. El banco de nacedero produjo 34,7ton/ha (18 forraje verde y 16,7 material leñoso) en dos años cuando se realizó su primer corte.

VALORACIÓN ECONÓMICO AMBIENTAL DEL SUELO Y SU FERTILIDAD

Utilizando el enfoque económico para analizar con los productores la fertilidad de los suelos en diferentes sistemas, y socializar de esta manera los resultados biológicos y productivos representados en el mejoramiento de la calidad del suelo, se realizó un ejercicio de valoración económica de la calidad del suelo, en el que se determinó su importancia en el precio comercial de la tierra y se comparó el efecto del uso (bancos de proteína) sobre la fertilidad.

Con la participación de investigadores de varias disciplinas (agrónomos, biólogos, economistas, sociólogos y veterinarios) y los productores involucrados (campesinos), la utilización de diferentes herramientas (análisis de laboratorio físicos, químicos, prueba biológico), técnicas metodológicas (Talleres participativos, juego de roles, mapas veredales, valoración contingente, precios hedónicos) y la combinación de las mismas se logró llegar a la valoración cualitativa y cuantitativa del suelo en los sistemas estudiados.

En la asignación de valor y precio al suelo se encontró que el suelo representa el 20% sobre el valor total del predio (finca) y que la fertilidad contribuye con un 12%. Comentarios al respecto:

- Los sistemas silvopastoriles son una opción productiva que permite restablecer los flujos de nutrientes por las múltiples relaciones que allí se activan, que más allá de ser competitivas son complementarias, donde finalmente se conserva y se mejora el suelo que sustenta una producción nada despreciable.
- En el proceso de evaluación y valoración de estos sistemas que son bastante complejos, el reto es grande, lo que implica una forma distinta de entenderlos, donde participen y se integren diferentes disciplinas (biológicas, sociales y económicas), se aproveche la versatilidad que ofrecen muchas técnicas y herramientas y se generen nuevas alternativas que sean de fácil aplicación y replicación.

EFFECTOS DE LA TRANSFORMACIÓN DE AGROSISTEMAS CAFETEROS SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DE SUELOS EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO

En el año 1992 se inició una de las crisis más difíciles para el sector cafetero en Colombia, debido a la disminución de los precios del grano y la incidencia de la broca (*Hypothenemus hampei*). Esta situación provocó la eliminación gradual de cafetales y el establecimiento de nuevos sistemas agropecuarios.

Uno de los departamentos con mayor representación en la producción de café es Quindío, el cual se ubica en la región central del país, con altitudes que fluctúan entre los 1 200 y 1 900 msnm. y temperaturas promedio de 18 y 20°C. Allí se han eliminado cerca de 14 000 ha de café durante los años 1992 a 1996, y en su lugar se han establecido otras especies, principalmente pastos mejorados para fines ganaderos bajo sistemas intensivos de manejo.

Con el propósito de determinar los efectos de esta transformación sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos la Fundación CIPAV llevó a cabo una investigación para la Corporación Autónoma Regional del Quindío (institución departamental que regula el uso de los recursos naturales), durante los meses de junio a diciembre de 1997 en dos tipos de suelos del Quindío (Typic Hapludans y Typic Dystropepts-Typic Hapludalfs). Este trabajo perseguía identificar los elementos negativos y las amenazas actuales o potenciales y aportar elementos para los procesos de ordenamiento ambiental del territorio y la reglamentación de los usos del suelo (incentivos, castigos y prohibiciones).

Los agroecosistemas evaluados fueron:

- Cultivos de café bajo sistema de manejo tradicional (variedades tipo arábigo y borbón, con sombrío de árboles y plátano, bajas densidades de siembra y reducido o nulo uso de agroquímicos).
- Cultivos de café con manejo tecnificado (variedad Colombia y caturro a libre exposición solar, altas densidades de siembra y uso frecuente de productos de síntesis química) no menor de 5 años.
- Ganadería intensiva de carne con alta carga (6-14 animales/ha) y un tiempo de establecimiento mayor de 2 años en suelos que provenían del cultivo de café. Este sistema consiste en la ceba intensiva de novillos *Bos indicus* (cebú) o de ganado cruzado de *Bos indicus* x *Bos*

taurus en potreros rotacionales de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con cercas eléctricas, fertilizaciones nitrogenadas (250 - 1 200kg de urea/ha/año). Las condiciones climáticas adecuadas de la región como la cantidad y distribución de la precipitación y las características favorables del suelo han contribuido al éxito de esta modalidad de la ganadería.

- Ganadería intensiva de leche con alta carga (4-9 animales/ha) y un tiempo de establecimiento mayor de 2 años en suelos que provenían del cultivo de café. Los animales en su mayoría son vacas Holstein y Pardo Suizo con un manejo similar a la ganadería de ceba intensiva.
- Ganadería extensiva con baja carga (0,5-2 animal/ha) y tiempo de establecimiento mayor de 15 años, con praderas de grama del género *Paspalum* y animales razas criollas.
- Cultivos semestrales o anuales con más de 2 años. bajo el sistema de producción en suelos que provenían del cultivo de café.
- Cultivo de cítricos con más de 3 años en el sistema en suelos que provenían del cultivo de café.
- Bosque nativo y/o guaduales (Asociación vegetal de *Guadua angustifolia*, importante en la protección de fuentes hídricas y utilizada en la agricultura y construcción), tomado como testigo.

En este artículo solo se hará alusión a bosques nativos y/o guaduales y cafetales tradicionales, como sistemas forestales o semiforestales y a los tres sistemas ganaderos.

Se evaluaron los siguientes parámetros: textura, densidad real y aparente, porosidad, distribución y estabilidad de agregados, conductividad hidráulica, resistencia a la penetración, pH, materia orgánica, P, Ca, Mg, K, Na, Al, Capacidad de intercambio catiónico (CIC), Fe, Cu, MN, Zn, B, actividad microbiana y mesofauna del suelo.

A nivel general los resultados de este trabajo indicaron que:

- El pisoteo de los animales en los sistemas ganaderos ocasionó la compactación de los suelos y con ello se modificó notoriamente la relación suelo-aire-agua. La diversidad biológica en estos sistemas sufrió reducciones notorias.

- Los sistemas intensivos de producción ganadera produjeron en 2 o 3 años los mismos efectos en los suelos, que las ganaderías extensivas, establecidas hace más de 15 o 20 años.
- El incremento en el número de animales ocasionó una mayor compactación del suelo y sus efectos.
- Los altos aportes de potasio, provenientes de la orina de los animales en sistemas de ganadería intensiva, a pesar de haber enriquecido el suelo con este elemento, modificaron substancialmente la proporción que existía inicialmente entre el K con relación al Ca y Mg.
- Los resultados obtenidos a través de los análisis de aguas no indicaron contaminación debido a la utilización de fertilizantes o el estiércol en los sistemas de ganadería intensiva.

Actividad microbiana

La cantidad del dióxido carbónico liberado por los microorganismos del suelos, tomado como indicador de la actividad microbiana, fue superior en guaduales y bosques (26 969 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco), seguidos por cafetales tradicionales (20 771 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco), conformando un grupo común con las ganaderías extensiva, ceba intensiva y lechería intensiva (18 997; 18 340 y 17 426 $\mu\text{g C/g}$ de suelo seco respectivamente), sin existir diferencias entre ellas. La actividad promedio de este grupo fue 40% inferior al de los guaduales

Las correlaciones negativas y altamente significativas de esta variable con la densidad aparente y la resistencia a la penetración a los 20cm del suelo mostraron claramente que la actividad de los microorganismos se ve drásticamente reducida por la compactación. Contrario a lo anterior, las correlaciones positivas entre la actividad de los microorganismos con la porosidad y la humedad del suelo manifestaron que en suelos con mayor volumen de porosos y los agroecosistemas que se caracterizan por tener una economía hídrica eficiente (guaduales, bosques nativos y cafetales tradicionales), favorecen la actividad de estos organismos. La materia orgánica jugó un papel sumamente importante para el desarrollo de la actividad microbiana.

Meso y macrofauna

La diversidad de organismos varió en forma notoria, tratándose de un ambiente u otro. Los guaduales y cafetales tradicionales presentaron una mayor diversidad de organismos (6,8 y 6,6 tipos de organismos

diferentes, respectivamente), frente a los demás agroecosistemas. Los menores valores se observaron para ganadería intensiva de ceba (3,43 tipos), ganadería extensiva (2,09 tipos) y ganadería intensiva de leche (2,09 tipos). Estos resultados revelan de qué manera un ambiente propicio y con mayor diversidad florística puede favorecer el desarrollo de una más alta heterogeneidad de especies.

Wild (1992) al referirse a la condiciones físicas del suelo comenta «la fauna necesita un medio bien aireado para su crecimiento activo, no pudiendo soportar los suelos inundados ni los compactados por el pisoteo del ganado».

Materia orgánica

Los suelos de guaduales y bosques presentaron un mayor contenido de materia orgánica que los demás sistemas (11,21%). Las ganaderías extensivas y de leche se clasificaron en términos medios, con 7,82% y 8,03% respectivamente. Los cafetales tradicionales ocuparon el segundo lugar, después de los guaduales (9,54%) y la ganadería de ceba intensiva (7,39%).

Las correlaciones altamente significativas y negativas muestran que los niveles altos de materia orgánica inciden en la disminución de la compactación, densidad real y el pH y, aumenta la porosidad, el contenido del agua gravimétrica, la capacidad de intercambio catiónico y la actividad de los microorganismos del suelo.

Densidad aparente

Los guaduales y bosques presentan los niveles más bajos de compactación (0,69g/cc), seguido por cafetales tradicionales (0,82g/cc), los cuales formaron dos grupos separados y estadísticamente diferentes a los demás. La ganadería extensiva y la ganadería intensiva de producción lechera se categorizaron entre los sistemas con densidades medias que entre 0,98 y 1,05g/cc y, la ganadería intensiva dedicada a la producción de carne presentaron los valores más altos (1,10g/cc). Es preciso aclarar que a pesar de contar con un promedio general bajo (0,96g/cc), y saber que estos resultados no se pueden extrapolar a través del tiempo, es preocupante que en tan poco tiempo (la mayoría menos de 3 años), la densidad aparente del sistema intensivo de ceba sea estadísticamente superior a la ganadería extensiva, cuyo tiempo de explotación, en la mayoría de los casos, supera los 15 - 20 años.

Resistencia a la penetración

Al considerar la variable resistencia a la penetración en los primeros 10 cm de profundidad, la ceba intensiva se destacó por presentar el promedio más elevado ($3,32 \text{ kg/cm}^2$), diferenciándose claramente de los demás sistemas. La ganadería intensiva productora de leche, la ganadería extensiva se clasificaron dentro de un segundo grupo, con promedios de $2,69$ y $2,62 \text{ kg/cm}^2$ respectivamente. La tercera agrupación incluyó a los cafetales tradicionales ($1,30 \text{ kg/cm}^2$) y guaduales ($1,24 \text{ kg/cm}^2$). Similares tendencias se observan cuando se comparó la compactación entre 10 y 20cm. Los guaduales presentaron los valores más bajos de resistencia a la penetración para esta profundidad ($1,36 \text{ kg/cm}^2$), con diferencias estadísticas frente a los demás sistemas. Los sistemas ganaderos fueron los que mayor compactación ocasionaron a los suelos ceba con $3,39 \text{ kg/cm}^2$, extensivo con $3,36 \text{ kg/cm}^2$ y lechería con $3,03 \text{ kg/cm}^2$. Los aumentos de la compactación de los sistemas pecuarios con relación a los cultivos de café en términos porcentuales para la ganadería intensiva de carne y leche respectivamente fueron 130 y 86% en los primeros 10cm y 89 y 68% para la profundidad de 10 a 20. El grado de la compactación fue directamente proporcional a la densidad aparente y densidad real. Los suelos menos compactados presentaron más espacios porosos, mayor conductividad del agua y propiciaron un mejor ambiente para el desarrollo de los microorganismos. Los suelos ricos en materia orgánica fueron menos susceptibles a la compactación.

Densidad real

En promedio los valores de la densidad real fluctuaron entre 2,37 y 2,50 g/cc, con una media general de 2,46 g/cc. Los guaduales y bosques se caracterizaron por estar compuestos de materiales más livianos que los demás sistemas, que no presentan diferencias significativas entre sí.

Porosidad

Los suelos más porosos fueron los guaduales y los cafetales tradicionales, con niveles que alcanzan el 70,7 y 66,6% respectivamente, superando a todos lo de más sistemas. Los valores más bajos correspondieron a las ganaderías de ceba intensiva (56,3%), lechería intensiva(57,6%), y extensiva (59,3%),

A medida en que fue mayor la porosidad se mejoraron notoriamente la retención de humedad, el paso del agua en el suelo, la actividad de los microorganismos y se redujo la compactación.

Estabilidad de agregados

Los guaduales y bosques, con un promedio ponderado de 3,03mm, se clasificaron como los ambientes con mayor estabilidad estructural y formaron un grupo con la ganadería extensiva (2,80mm) y cafetales tradicionales (2,60mm). Los sistemas de ceba y lechería intensiva presentan diámetros promedios menores (2,34 a 2,53mm). Los mayores contenidos de materia orgánica guardaron proporción con la estabilidad estructural de los suelos. Por lo anterior se podría esperar que los suelos con niveles más altos de materia orgánica desarrollaran agregados de mayor tamaño y por consiguiente con mejores características.

Contenido de humedad

Los agroecosistemas guadual y café tradicional se caracterizaron por contener las mayores cantidades de humedad, con promedios de 34,9 y 31,4% respectivamente, superando substancialmente a los demás, con promedios que fluctuaron entre 27,1 y 19,7%.

Los coeficientes de correlación indican que los suelos con menor densidad aparente y real son los que poseen mayor volumen de poros y por consiguiente pueden retener más humedad. Así mismo, el contenido de la materia orgánica y residuos vegetales juegan un papel importante en la economía hídrica que se debe tener en cuenta, ya que cumple con la función de servir como colchón o esponja absorbente. Esta característica a su vez mejoró ostensiblemente la actividad microbiana y se redujo la resistencia a la penetración.

Conductividad hidráulica

Los guaduales con un promedio de 50,7 cm/h se caracterizaron por tener un conductividad hidráulica que se clasifica como muy rápida. Los cafetales tradicionales y tecnificados constituyeron el segundo grupo y se diferenciaron de los demás. Los dos sistemas ganaderos de explotación intensiva presentaron los valores más bajos, ceba con 7,8 y lechería con 8,1 cm/h). La conductividad promedio en sistemas de ganadería extensiva fue 18,1 cm/h. El paso de los fluidos fue mas rápido en suelos no compactados y con mayores contenidos de materia orgánica, donde existe

buena porosidad y el tamaño de los agregados es mayor, hechos que se evidencian por un alto coeficiente de correlación.

pH

No se presentan diferencias debido al pH entre los sistemas estudiados. A medida que subió el pH, se incrementaron los niveles de Ca, Mg, K y suma de bases, y su representación en términos del porcentaje de saturación de bases. En el caso contrario, una reducción del pH incidió en el incremento de la concentración de hidrogeniones (H^+), Al, Fe y la relaciones Ca/Mg y Ca+Mg/K. Las tendencias de H^+ siguieron las mismas del pH.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Los cafetales tradicionales, bosques nativos y guaduales se caracterizaron por su mayor CIC comparados con los sistemas ganaderos.

Calcio

Las comparaciones de valores promedios reunieron a las ganadería extensiva y la ceiba intensiva como un grupo con menos Ca que los guaduales-bosques y cafetales tradicionales, con promedios de 6,5 y 6,0 me/100g respectivamente.

Magnesio

Los guaduales y bosques con un promedio general de 1,8 me/100g se distinguieron de todos los demás sistemas, con rangos inferiores que fluctuaron entre 1,4 y 1,0 me/100g. Los sistemas ganaderos presentaron niveles intermedios. La representación de magnesio en términos de la capacidad de intercambio catiónico fue muy pobre.

Potasio

Los suelos de sistemas intensivos de producción ganadera se distinguieron por su alto contenido de K, básicamente por los aportes que reciben de la orina provenientes de los animales, situación explicada por Funes (1975).

Relación entre calcio y magnesio

Los tres sistemas ganaderos presentaron los valores más bajos de Ca/Mg. Estos resultados, en primera instancia, podrían indicar una relación más balanceada, sin embargo la razón de este hecho se debe a los menores

contenidos de calcio en dichos sistemas y no a la abundancia de magnesio.

Relación entre calcio, magnesio y potasio

Los altos contenidos de K y los menores niveles de Ca en los suelos de sistemas intensivos de ganadería crea diferencias entre este grupo y los cafetales tradicionales, guaduales y bosques.

Fósforo

Los niveles de P no presentaron variaciones considerables, tratándose de los agroecosistemas evaluados, a pesar de que el rango de promedio encontrado fue muy amplio, los análisis estadísticos determinan que el comportamiento de este elemento no presentó variaciones entre los sistemas. Este hecho obedeció al amplio coeficiente de variación (C.V.= 100,27%), entre los sistemas evaluados en cada una de las localidades. Sin embargo los niveles más bajos se detectaron en la ganadería extensiva.

Elementos menores

Como resultado de la pérdida de Ca y Mg, el Fe y Mn dominaron de una manera más libre el escenario empobrecido en bases intercambiables. Los suelos dedicados a la ganadería, encabezados por modalidades intensivas, fueron el reflejo de lo anterior. En cuanto al B, la ganadería extensiva se caracterizó por ser el más pobre.

En los sistemas ganaderos la extracción alta de Ca y los grandes aportes de K, a través de la orina de los animales, han modificado parcialmente el estado original de los suelos cultivados anteriormente en café.

Bibliografía

- Altieri, M. 1983. *Agroecología*. Berkeley. California. 184p
- Altieri, M y Yurjevic A. 1991. La agroecología y el Desarrollo Rural Sostenible en América Latina. *Agroecología y Desarrollo*. CLADES. Año2(1):25-36
- Amézquita, E. 1994. Residuos orgánicos superficiales (MULCH), su importancia en el manejo de los suelos. *Memorias del VII Congreso Colombiano de la ciencia del suelo*. Bucaramanga, oct. 9-15 p.
- Amézquita, E. y Pinzón, A.. 1991. Compactación de suelos por pisoteo de animales en pastoreo en el piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales*. 13(2):21-26.
- Bunch, R. y López, G. 1995. *Recuperación de suelos en Centroamérica*. 6p.
- Bustamante, J. y Romero, F. 1992. *Producción ganadera en un contexto agroforestal: Sistemas Silvopastoriles*. CATIE. Turrialba Costa Rica.
- De las Salas, G. 1987. *Suelos y ecosistemas forestales con énfasis en América Tropical*. IICA. San José. Costa Rica. 447 pp
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. 1987. *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. IICA. San José. Costa Rica. 420 pp
- Fassbender, H. 1993. *Modelos edafológicos de sistemas agroforestales*. 2da edición. CAITE. Turrialba. Costa Rica. 490
- Funes, F., 1975. Efectos de la quema y el pastoreo en el mantenimiento de los pastizales tropicales. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 9: 395 - 412 p.
- Gavande, S. A. 1987. *Física de suelos*. Sexta impresión. México, Editorial Limusa. 351 p.
- Gómez María Elena., Rodríguez, L., Murgueitio, E., Ríos, C., Rosales, M., Molina, C.H., Molina, C. H., Molina, E., y Molina, J. P. 1997. *Árboles y Arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica: Matarratón *Gliricidia sepium*, nacedero *Trichanthera gigantea*, Pizamo *Erythrina fusca*, Botón de oro *Tithonia diversifolia** 2da edición. CIPAV. Cali. 127p.
- Gómez, M. E. 1997. *Evaluación de sistemas de producción de caña de azúcar y árboles forrajeros enfatizando en la fertilidad del suelo*. Maestría en Desarrollo de Sistemas Agrarios (Universidad Jamerdana, CIPAV, IICA). 62p.
- Gómez, M. E. & Preston, R. T. 1996 *Livestock Research for Rural Development* 8(1).
- Guerrero, R. 1995. *Fertilización de cultivos en clima medio*. Segunda edición . 262p.
- Gutiérrez, M. 1995. *Agriculturas para la vida*. Cali.
- IGAC, 1996. *Suelos Departamento del Quindío*. Grupos Editores. Armenia Colombia.
- Kang, B. 1994. *Cultivos en callejones: Logros y perspectivas*. Agroforestería en Desarrollo. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. UACH. Chapingo. México. 61-82.
- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. I. Soil physical and hydrological Properties. *Land Degradation & Development*, 7:19-45.
- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. III. Soil erosion and nutrient loss. *Land Degradation & Development*, 7:87-98.

- Lal, R. 1996, Deforestation and land-use effects on soil degradation and rehabilitation in western Nigeria. II. Soil chemical Properties. *Land Degradation & Development*, 7:99-119.
- LEISA, 1997 *Forjando asociaciones* 3(2):5
- Montagnini, F *et al.*, 1992. *Sistema Agroforestales: Principios y aplicaciones en los trópicos*. 2da ed. OET. 662pp.
- Montenegro, H.Y. y Malagón, D., 1990. *Propiedades Físicas de los Suelos*. IGAC. Subdirección Agrícola. 813 p.
- Preston, T. R. y Leng R. A. 1987. *Ajustando los Sistemas de producción Pecuaria a los recursos disponibles: Aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico*. 312pp.
- Preston, T. R. & Murgueitio, E. 1992 *Strategy for Sustainable Livestock Production in the Tropics*. CIPAV/SAREC, Cali, Colombia.
- Primavesi, A. 1987. *Manejo ecológico del suelo*. Brasil.
- Sánchez, P., Castilla, C. & Alegre, J. 1989. *Grazing pressure effects on the pasture degradation process*. Documento CIAT No. 42511:182-187
- Somarriba. 1990. Qué es la agroforestería: *El Chasqui* 24:5-13. Costa Rica.
- Young. 1989. *Agroforestry for soil conservation*. CAB Internationa-ICRAF.

Comentarios

Napoleon Antonio Mejía

En primer lugar el artículo justifica que los sistemas ganaderos deben diversificarse con diferentes especies, incluyendo arboreas en cerca vivas u otra modalidad que el sistema de manejo animal lo permita, buscando el mayor reciclaje de nutrientes en el sistema, dado que en pastoreo o acarreo la extracción de forraje es muy fuerte, mas aun en pasturas mejoradas con manejo intensivo: por ejemplo los cultivos de maiz y sorgo para ensilaje. En cultivos como la morera sembrado a alta densidad (de 22 a 31 000 plantas/ha) se esta diversificando incluyendo una *E. berteriana* a 4x4m en cuadro e incorporando el estiércol de los corrales de los animales, pero esta última actividad resulta muy costosa y debería buscarse un sistema que emplee la menor cantidad de mano de obra.

Idalmis Rodríguez y Gustavo Crespo

Estamos de acuerdo que para mejorar las características físicas, químicas y biológicas de suelos y en especial los de la ganadería los sistemas silvopastoriles constituyen una de las principales alternativas para las regiones tropicales. Consideramos que actualmente cuando se realiza un análisis sobre la calidad del suelo se debe hacer énfasis en los parámetros biológicos y ambientales ya que por lo general, los factores físico-químicos se incluyen en casi todos los estudios. Entendemos que al realizar un análisis de los principales efectos causados en el ecosistema de pastizales por el pastoreo se debe considerar además de la defoliación otros factores tan importantes como son los cambios que se producen en la estructura del pastizal. En cuanto al reciclaje de nutrientes en estos sistemas, además del aporte por la vía de las excreciones de los animales, se debe tener en cuenta la contribución de la hojarasca del propio pastizal ya que además de quedar distribuida en toda el área pastoreada, contribuye de forma significativa al flujo de nutrientes y energía, así como en la constitución de las reservas húmicas del suelo.

Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América Latina

Barry Pound

Natural Resources Institute, Chatham, Kent, UK

SUMMARY

The article describes the actual and potential roles, as well as the functions of cover crops in the different agricultural systems of Latin America. Rather than provide solutions, it suggests alternatives, this due to the huge diversity of the physical, social, economic and political conditions found in the region, and also due to the versatile and dynamic nature of this technology. The cover crops are defined as, a living plant cover which covers the soil and is temporary or permanent, which is cultivated in association with other plants in intercropping systems, in succession or in rotation. Cover crops, in contrast to those called "green fertiliser" are characterised by a broader function and their multipurpose nature, which include weed suppression, conservation of soils and water, control of pests and diseases, human and animal feed. The article describes in broad terms the advantages and disadvantages of cover crops, their contribution to soil productivity, the species involved, as well as the difficulties for dissemination, adoption and adaptation of these systems. Different systems or cover crops are discussed, as alternatives to the systems of slash and burn, for stabilisation of the frontier agriculture, in systems of zero labour, in systems of perennial crops and forage production systems for animal feed. It summarises the experiences in the diverse countries of central and south America especially Nicaragua, Honduras, Guatemala, Mexico, El Salvador, Belize and Bolivia as well as Asia and Africa. The cover crops are a versatile and adaptable, of particular interest for agricultural families with few resources and on a small scale in Latin America.

INTRODUCCIÓN

El propósito de esta publicación es el de informar, y no pretende ser definitiva. Está diseñada para estimular el pensamiento, y para promover la discusión en el debate electrónico.

La publicación describe los roles actuales y potenciales, como también las funciones de los cultivos de cobertura en los diferentes sistemas agrícolas de América Latina. Más que proveer soluciones, sugiere alternativas, esto en reconocimiento a la tremenda diversidad de situaciones físicas, sociales, económicas y políticas encontradas en la región como también la naturaleza versátil y dinámica de esta tecnología, la cual es capaz de ser considerablemente adaptada por agricultores, extensionistas e investigadores. Gran parte del contenido de esta publicación está basado en los resultados del Taller Regional Latinoamericano, realizado por la Universidad Autónoma de Yucatán (Mérida, México), en febrero de 1997. En el mismo, los investigadores y otros interesados revisaron el uso de cultivos de cobertura en la región. Las memorias completas del taller están disponibles en español, y se está preparando un libro en inglés (a ser publicado a finales de 1998 por Intermediate Technology Publications Ltd, «*Cover crops: components of integrated systems*»). Gundel S., Anderson S., and Pound B. with Triomphe B.). La publicación también utiliza información de un banco de datos de cultivos de cobertura producido por el NRI (La versión en español está disponible como: Anderson S, Ferraes N, Gundel S, Keane B y Pound B. 1997. «Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados» Taller Regional Latinoamericano. 3-6 de Febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Correo electrónico: sander@tunku.uady.mx).

CULTIVOS DE COBERTURA: ¿QUÉ SON?

Para los fines de esta revisión, un cultivo de cobertura es definido como «una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)». Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas. Ejemplos de cultivos de cobertura no-leguminosas son avena negra (*Avena strigosa*), avena amarilla (*Avena byzantina*), *Raphinus sativus* var. *oleiferus* y el ryegrass italiano (*Lolium*

multiflorum), los cuales son usados como cultivos de cobertura invernales en el sur de Brasil para suprimir malezas y reducir la erosión en la estación previa a la siembra de maíz o soya. (FAO, 1994).

Los términos «cultivos de cobertura» y «abono verde» se han usado en el pasado como sinónimos; sin embargo, los cultivos de cobertura están caracterizados por sus funciones más amplias y multi-propósitos, las cuales incluyen la supresión de malezas, conservación de suelo y agua, control de plagas y enfermedades, alimentación humana y para el ganado.

Los cultivos de cobertura no son una tecnología nueva. El uso de la *Mucuna* ha sido registrado desde el siglo 17 en Java, Bali y Sumatra, para recuperar los suelos degradados (Burkhill, 1968). Mucho más anteriormente hay registros de que los Griegos y Romanos han practicado la rotación de cultivos, y Plinio menciona el cultivo de lupinos (*Lupinus albus*) y arveja (*Vicia sativa*) como abonos verdes y para la supresión de malezas (Karlen *et al.*, 1994). Aparentemente, lo que sucede es que con el tiempo surge la combinación de circunstancias que coinciden con las ventajas que pueden ofrecer los cultivos de cobertura. Un ejemplo de un conjunto amplio de tales circunstancias es el intento de intensificación por parte de los agricultores de pequeña escala y con pocos recursos de Centro y Sudamérica. Tal situación constituye el foco de esta publicación.

Existen varios ejemplos donde países han adoptado los cultivos de cobertura durante un periodo crítico en el desarrollo agrícola, y luego han abandonado la práctica. Por ejemplo, en el centro y el sur de China, el cultivo de cobertura *Astragalus sinica* era sembrado al voleo en tres millones de hectáreas en el segundo cultivo de arroz inundado, al momento de la floración del arroz (Garrity y Flinn, 1988). El cultivo de cobertura crecía durante la época de descanso, y luego era incorporado antes del primer cultivo de arroz en el año subsiguiente. Actualmente, la práctica está disminuyendo debido a que el valor de cultivos invernales, tales como cebada, trigo y brasicas, sobrepasa las ventajas derivadas del *Astragalus*.

De esta manera, los cultivos de cobertura ocupan una serie de nichos específicos y estadios dentro del desarrollo de los sistemas agrícolas y, por lo tanto, no son aplicables a todas las situaciones.

FUNCIONES

Se pueden atribuir varias funciones a los cultivos de cobertura:

- **Reducir costos:** reducir la necesidad de insumos externos (e.g. fertilizantes, herbicidas, alimentos animales); reducir la mano de obra para el deshierbe.
- **Generar ingresos:** venta de semillas y follaje
- **Incrementar productividad:** disminuir periodo de cultivo; incrementar fertilidad del suelo; reducir competencia de malezas; incrementar filtración de agua; producción de alimentos para animales, producción para la alimentación humana
- **Reducir la degradación de recursos naturales:** reducir residuos de agroquímicos; reducir pérdidas de suelo por erosión; reducir deforestación y la pérdida de biodiversidad; reducir pérdidas de fertilidad por el quemado; mejorar infiltración de agua (y así reducir inundación y sedimentación).

CARACTERÍSTICAS

Ventajas

Los cultivos de cobertura están experimentando una expansión rápida en ciertas situaciones en América Latina. Esto puede ser parcialmente atribuido a las características de las especies más populares, las mismas que son resumidas en líneas abajo:

- **Costo bajo:** una vez que las semillas están disponibles (y pueden ser provistas de agricultor a agricultor), hay poco costo en dinero efectivo para el agricultor. De esta manera, los cultivos de cobertura pueden sustituir a los insumos externos tales como herbicidas y fertilizantes.
- **Simplicidad:** no hay necesidad de conocimientos o herramientas sofisticados.
- **Bajo riesgo:** el tamaño grande de las semillas de muchas especies (e.g. *Canavalia*, *Mucuna*, *Vicia faba*) facilita la siembra y reduce los riesgos de establecimiento.
- **Versatilidad:** las especies tienden a tener un rango ecológico bastante amplio. *Canavalia ensiformis* es un buen ejemplo, la cual prospera en condiciones húmedas o semiáridas, y a pleno sol o sombra parcial.

- **Competitividad:** pese a que las especies varían en su vigor, una característica que permite su selección de acuerdo al nivel de competitividad requerida, algunas especies (e.g. *Pueraria phaseoloides*, *Mucuna pruriens*, *Calopogonium mucunoides*) son excepcionalmente buenas para competir con malezas agresivas (por ejemplo, *Imperata cylindrica* y *Rottboellia cochinchinensis*)
- **Variabilidad:** existe un inmenso rango del cual escoger la mejor combinación de características. Por ejemplo: duración estacional o perenne (e.g. *Cajanus cajan*); hábito postrado (e.g. *Arachis pintoi*); erecto (e.g. *Crotalaria juncea*); trepador (*Vigna unguiculata*); vigor muy marcado a crecimiento lento (e.g. *Arachis pintoi*);
- **Tolerancia:** existe tolerancia a frío, calor, sequía, inundación.
- **Resistencia:** el daño por insectos es generalmente limitado a plagas.
- **Degradación:** la degradación de la materia vegetativa es variable y puede estar ligado a la necesidad sincronizada de nutrientes por los cultivos.

La selección es adicionalmente ampliada cuando uno considera que el cultivo puede ser sembrado como una asociación, un cultivo de relevo, o en rotación.

Desventajas

Estas incluyen:

- Se necesita un manejo cuidadoso para prevenir la competencia entre el cultivo de cobertura y los cultivos asociados (e.g. en el sistema mucuna/maíz, o en el sistema kudzu tropical/palma aceitera). En casos extremos esto puede llevar a que el cultivo de cobertura sea clasificado como una maleza.
- Requerimientos altos de mano de obra para el establecimiento y el corte del cultivo de cobertura podría coincidir con actividades que demandan mano de obra
- Los agricultores reclaman que los cultivos de cobertura atraen plagas como ratas y serpientes venenosas.
- Algunos cultivos de cobertura perennes se secan en la época seca, constituyéndose en un riesgo para incendios.
- A pesar de que los cultivos de cobertura deberían incrementar la infiltración de la lluvia al disminuir la velocidad del escurrimiento

superficial, los agricultores también sostienen que pueden causar deslizamientos de la tierra si la precipitación es intensa en terrenos de alta pendiente (Buckles *et al.*, 1992)

- Los cultivos de cobertura ocupan en parte o todo el año, tierra que podría ser utilizada para otros propósitos (por ejemplo, cultivos o producción ganadera).
- En algunas situaciones, el cultivo de cobertura podría contribuir a problemas de plagas o enfermedades en el cultivo principal. Por ejemplo, guandul (*Cajanus cajan*) y lupinos (*Lupinus angustifolius*) no deberían ser cultivados antes de la soya en el sur de Brasil debido a que ellos incrementan la probabilidad del cancro del tallo. En otros casos, podría haber el peligro de que el cultivo de cobertura actúe como un huésped alternante a plagas insectiles.
- Ciertas especies podrían tener un efecto alelopático en el cultivo siguiente, por ejemplo, la inhibición del crecimiento radicular de plantines de algodón por volátiles de la rizósfera producidos por cultivos de cobertura invernales (Bradow y Connick, 1988).
- Cultivos de cobertura no-leguminosas, que son incorporados como un abono verde, podrían tener suficientemente altas proporciones de C/N como para reducir la absorción de nitrógeno por el cultivo siguiente.
- Existen pocas coberturas que combinan buenas características de cobertura a la par que son un producto para la alimentación humana.

DISEMINACIÓN, ADOPCIÓN Y ADAPTACIÓN

Hay un considerable interés de parte de donantes, instituciones gubernamentales, ONGs y organizaciones de agricultores en el potencial de los cultivos de cobertura para diversas situaciones. Sin embargo, los resultados y experiencias de estas iniciativas están dispersas, y hay la necesidad imperiosa para una información sistemática que documente las fortalezas y limitaciones de los sistemas de cultivos de cobertura en diferentes situaciones (Anderson *et al.*, 1997).

Los cultivos de cobertura se prestan para sistemas de bajos insumos externos, y la adopción de los mismos es especialmente rápida donde varias limitantes pueden ser solucionadas a la vez por el cultivo de cobertura (e.g. baja fertilidad del suelo, alta infestación de malezas y severa erosión del suelo). Los cultivos de cobertura constituyen una tecnología que es fácil de diseminar, necesitando únicamente un puñado

de semillas y algún conocimiento para difundirlas de lugar a lugar. En muchas situaciones, y particularmente en Centro y Sudamérica, la diseminación ha sido por medio de «agricultor a agricultor» con más ayuda de los ONGs que por los servicios de extensión del gobierno. El conocimiento local, la confianza para experimentar y su involucración en la distribución de semillas, ha sido efectivo en la diseminación de la tecnología a través del movimiento campesino - campesino (Anderson *et al.*, 1997).

Existe una institución regional para la promoción de los cultivos de cobertura en América Latina (la cual incluye una hoja informativa sobre los cultivos de cobertura). Esta institución es CIDICCO (Centro Internacional de Información sobre Cultivos de Cobertura; Apartado Postal 4443, Tegucigalpa MDC, Honduras; Tel/fax (+) 504 32 7471).

LA DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA Y ADAPTABILIDAD

Los sistemas agrícolas de clima **templado** están caracterizados por un alto grado de intensificación y un alto nivel de dependencia de insumos externos. Este tipo de agricultura ha creado una serie de problemas en términos de la contaminación ambiental. En estos sistemas, el uso de los cultivos de cobertura está creciendo para reducir el nivel de los insumos inorgánicos tales como herbicidas y fertilizantes en sistemas de cero laboreo y curvas de nivel. Ellos también juegan un papel importante en la reducción de la lixiviación del nitrógeno durante el periodo de descanso, así mismo para limpiar el suelo (de plagas, enfermedades y malezas) cuando se los siembra en el intervalo entre los cultivos principales de una rotación. Las especies *Vicia* spp. y *Trifolium* spp. como también especies no-leguminosas (*Brassica* spp.) son comunes en las regiones templadas. (Decker *et al.* 1994).

En regiones **semiáridas**, los cultivos de cobertura pueden jugar un rol importante en la conservación del agua y el control de la erosión eólica. Frecuentemente, ellos son establecidos durante la época lluviosa conjuntamente con el cultivo principal, por ejemplo maíz o sorgo. Especies tolerantes a la sequía, tales como *Canavalia ensiformis*, proporcionan cobertura al suelo por dos a tres meses después de que las lluvias han cesado, de otra forma el suelo permanecería desnudo hasta la próxima temporada de cultivo. Cultivos de cobertura tales como *Stylosanthes hamata* y *Voandzeia subterranea* (maní Bambara), cumplen

los dos papeles de cultivos de cobertura y alimentación humana/animal (Kiff *et al.*, 1996). Bajo riego, la alfalfa (*Medicago sativa*) y berseem (*Trifolium alexandrinum*) son cultivos de cobertura útiles. La alfalfa provee una buena cobertura del suelo bajo cítricos irrigados en suelos alcalinos o neutros, mientras que el berseem (trébol Egipcio) es una buena cobertura de invierno (y alimento animal) como un cultivo de relevo en los sistemas de arroz inundado durante el verano.

En las tierras tropicales bajas los cultivos de cobertura juegan un papel importante en el control de malezas, manejo de la fertilidad del suelo e intensificación de los sistemas agrícolas. Aquí es de particular importancia el papel de los cultivos de cobertura en la transición de la agricultura migratoria de corte y quema, hacia sistemas agrícolas que son estables a niveles poblacionales humanos que la agricultura de corte y quema no puede sostener. Estas condiciones son encontradas en muchas de las áreas boscosas o previamente bajo bosque, en las tierras tropicales bajas de Centro y Sudamérica, África del Oeste y el Sur de Asia.

Hay áreas donde la densidad poblacional ha crecido en tal grado que la tierra bajo sistemas agrícolas anuales no puede ser destinada a cultivos de cobertura durante parte del año. Sin embargo, el uso de cultivos de cobertura es aun viable bajo cultivos perennes - por ejemplo, frutales (Anderson *et al.*, 1997).

Las **tierras tropicales altas** están caracterizadas por su lejanía de los mercados y el desarrollo económico. Muchos sistemas agrícolas dependen en el cultivo migratorio, ya que el acceso a los insumos externos e información externa, son limitados. Con poblaciones crecientes, las prácticas agrícolas se extienden a las laderas de las montañas, lo cual causa una severa erosión. Los sistemas de cultivos de cobertura juegan un papel importante en la conservación del suelo y en el manejo de la fertilidad. Prácticas de un uso permanente de la tierra podrían reducir la deforestación y proporcionar un manejo sostenible de los recursos naturales. Un ejemplo de esto es el uso de la garrotilla como cultivo de cobertura tradicional (*Medicago hispida*), el cual está asociado con patatas o trigo en las tierras altas de Bolivia. La garrotilla tiene un papel importante en la alimentación del ganado (Anderson *et al.*, 1997).

El sistema Chinapopo en las tierras altas de Honduras es otro ejemplo de un sistema de cultivos de cobertura localmente desarrollado. En los últimos milenios, el cultivo de los frijoles Chinapopo (*Phaseolus coccineus*) en asociación con otro cultivo alimenticio principal, ha sido

una práctica agrícola importante para proporcionar seguridad alimenticia a la familia. Los frijoles Chinapopo se originaron en las tierras altas de México y son adaptados a las condiciones de altitud. Son cultivados en áreas situadas entre 1 400 y 2 800 msnm.. El frijol Chinapopo es consumido en fresco y en seco. Después de la cosecha, el rastrojo de la planta es pastoreado por animales o acarreado a la finca (Anderson *et al.*, 1997, Resumen de un estudio de caso preparado por Raúl Alemán, Myriam Paredes y Norman Sagastume, CIDICCO, Tegucigalpa).

CONTRIBUCIÓN A LA PRODUCTIVIDAD DEL SUELO

Los cultivos de cobertura protegen el suelo de la alta precipitación y proporcionan canales, por medio de sus raíces, a las capas subsuperficiales conduciendo a más altas tasas de infiltración (Folorunso *et al.*, 1992) y agregados más estables en agua (McVay, 1989). Se cita a la aireación mejorada del suelo como la causa de los efectos benéficos de *Calopogonium caeruleum* sobre las raíces de las plantas de goma. Sin embargo, bajo condiciones más secas, podría desarrollarse una competencia por agua y consecuentemente una cobertura viva podría ser menos benéfica que un mulch muerto. (Cintra y Borges, 1988). La formación de agregados más estables, conjuntamente con más aireación, conduce a una disminución en la densidad del suelo bajo cultivos de cobertura, lo cual es generalmente beneficioso al crecimiento de la planta (Liyanage *et al.*, 1988). La compactación del subsuelo es un problema común en suelos agrícolas caracterizados por una estructura pobre que han estado sujetos a excesivo y/o inoportunos laboreos mecánicos durante varios años. El «laboreo biológico» por medio de los cultivos de cobertura como alfalfa (*Medicago sativa*), guandul (*Cajanus cajan*), caupí (*Vigna unguiculata*), tobiata (*Panicum maximum* var. *Tobiata*), centenario (*Panicum maximum* var. *Centenario*), brizantha (*Brachiaria brizantha*) y *Centrosema*, los cuales tienen raíces que son capaces de penetrar el subsuelo compactado, puede afectar significativamente la infiltración del agua arrastrando materia orgánica dentro de la zona (Barber y Navarro, 1994).

Muchos estudios se han realizado sobre la contribución de los cultivos de cobertura al nitrógeno del suelo, los valores como substitutos del fertilizante-N de los residuos de cultivos, y la influencia del manejo de los residuos sobre los cultivos subsiguientes (Onim *et al.*, 1990; Lathwell,

1990; John *et al.*, 1992; McVay, 1989; Smyth *et al.*, 1991). Estudios adicionales han investigado la absorción de los otros nutrientes principales, sus equivalentes en fertilizantes (Sharma y Sharma, 1990) y su presencia en los cortes de forraje subsiguientes (Shatilov y Dobrovolskaya, 1991). Los incrementos del rendimiento asociados con el uso de cultivos de cobertura han sido relacionados directamente al contenido de nitrógeno de la cobertura y la materia seca total producida (Amado y Teixeira, 1991; Kitamura y Miranda, 1989).

Experimentos conducidos en Cuyuta (Guatemala) han mostrado que el valor de sustitución de fertilizante-N de *Mucuna* spp. y *Canavalia ensiformis* manejados bajo cero laboreo (residuos no incorporados) están alrededor de 60kg/ha, mientras que el valor sube hasta 158kg N/ha para *Canavalia* y 127kg N/ha para *Mucuna*, cuando los residuos son totalmente incorporados.

Un estudio conducido en Yucatán (México) reveló los diferentes criterios usados por los campesinos para detectar los cambios que ocurren con la integración de cultivos de cobertura (*Mucuna*) y maíz. Los campesinos participantes identificaron como importantes las propiedades del suelo, como son color, textura, humedad y su potencial para sostener cultivos exigentes como chile o tomate. El cambio del color del suelo estuvo relacionado a los tipos de suelo existentes, los cuales fueron *kankab*, de color rojo y *box luum*, de color negro. Los participantes observaron un cambio de color rojo hacia un color más oscuro. El cambio en la textura fue experimentado por medio de (a) la facilidad de siembra y desmalezado y (b) por medio de la búsqueda de materia orgánica a encontrarse en los suelos donde ha sido usado un abono verde. Se relacionó el incremento de la humedad del suelo a la apariencia de plantas durante la escasez de agua y también se detectó por medio de la temperatura del suelo. Suelos fríos o frescos estuvieron relacionados con una mayor humedad, mientras que suelos calientes fueron considerados secos. (Gundel, 1998).

CULTIVOS DE COBERTURA PARA SISTEMAS DE CORTE Y QUEMA

Los cultivos de cobertura están siendo promocionados como una de las tecnologías más promisorias en la transición de la agricultura de corte y quema hacia sistemas permanentes. Esto es particularmente evidente para Centro y Sudamérica, pero también es cierto en el caso de África del

Oeste (Versteeg, 1990). El incremento de la población de malezas es una limitante clave para la producción dentro de estos sistemas, ya que las malezas ahogan y compiten efectivamente por nutrientes con los cultivos. En Indonesia, se ha puesto mucho esfuerzo en la investigación del uso de cultivos de cobertura, tales como *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical) y *Mucuna* para el control y eliminación de *Imperata cylindrica* (Abad y Juan, 1980; Guritno *et al.*, 1992). En un estudio comparativo de cinco cultivos de cobertura, y prácticas de desmalezado mecánico y con herbicidas, se obtuvo el mejor control mediante la combinación del uso de herbicidas con *Mucuna pruriens* var. *utilis* y *Pueraria phaseoloides*. De las especies no trepadoras, *Crotalaria juncea* dio los mejores resultados. En Costa Rica *Canavalia ensiformis*, *Dolichos lablab* y *Mucuna* sp. fueron exitosas en el control de rogelia (*Rottboellia cochinchinensis* o «caminadora») durante la temporada de descanso del cultivo de maíz (De la Cruz, 1992).

En las tierras altas Maya del sur de Belice, la tendencia a reducir el periodo de descanso de la tierra en el sistema de corte y quema estuvo conduciendo a graves problemas de malezas en arroz de secano (el principal cultivo) y maíz (el principal cultivo alimenticio). En el primer o segundo año después de la quema, las principales malezas en el cultivo del arroz fueron especies de hoja ancha. Debido a que el arroz es un cultivo comercial, los agricultores tienen la posibilidad de comprar herbicidas (generalmente 2,4-D) para controlar estas. Para el maíz, fue necesario encontrar una solución diferente. En esta área tradicionalmente usaron las riveras del río para la siembra continua del maíz; esto fue posible debido al crecimiento muy denso de una maleza no leguminosa (*Melanthera nivea*) después de que el cultivo fue cosechado. Antes de sembrar el próximo cultivo, la cobertura casi pura del «Vega bush» fue cortada y el maíz fue sembrado sobre el mulch en descomposición. Cuando se introdujo la mucuna, la tecnología fue rápidamente adoptada, y se difundió dentro de la comunidad agrícola con poca asistencia del sistema oficial de extensión. Ha permitido el cultivo indefinido de maíz año tras año en la misma tierra, inclusive en pendientes muy acentuadas.

En Belice el suelo es fértil, y el primer factor limitante para la agricultura estable son las malezas. Las arenas de la Amazona de Brasil, soportaron una flora forestal rica hasta que los colonos la cortaron y la quemaron, exponiendo de esta manera un suelo muy infértil. En esta situación los cultivos de cobertura tienen una segunda función importante,

y es la de proporcionar nutrientes y mejorar la estructura del suelo conjuntamente con otras medidas para mejorar la fertilidad del suelo, como son, en particular, el uso de especies agroforestales para reciclar nutrientes a través de la hojarasca.

ESTABILIZACIÓN DE LA FRONTERA AGRÍCOLA: LA RESERVA BOSAWAS

La región Atlántica de Nicaragua contiene la más grande reserva de bosque húmedo tropical en Centro América (7 500 km²) conocida como la reserva Bosawas. La reserva está amenazada por el avance de la «frontera agrícola», entre otros factores. La migración de campesinos buscando tierras nuevas y fértiles representa un fenómeno que es difícil de controlar y regular, ya que para muchos de ellos, esto es una estrategia de sobrevivencia. En los últimos tres años, el UNAG ha estado trabajando con varias comunidades de campesinos en el área, intentando desarrollar prácticas de manejo alternativo para el uso de los recursos naturales. El énfasis de su trabajo ha estado en la participación de los campesinos para poder desarrollar una experiencia que está siendo liderada por los campesinos mismos, y está basada en la motivación, experimentación y promoción. Este proceso participativo ha conducido a prácticas más racionales para el uso de la tierra, donde cultivos de cobertura como *Cajanus cajan*, *Vigna* spp., *Mucuna* spp. y *Phaseolus vulgaris* han asumido papeles importantes en el mejoramiento de la producción de cultivos alimenticios principales. La práctica de la agricultura migratoria ha sido gradualmente reemplazada por un sistema de uso permanente de la tierra; este cambio ha permitido la integración de cultivos perennes dentro de campos en los que anteriormente solamente se había sembrado cultivos anuales alimenticios como maíz, arroz y frijoles. Esto ha conducido hacia la diversificación de productos y al desarrollo de prácticas agroforestales innovadoras (Anderson *et al.*, 1997).

El Cuadro 1 indica un rango de asociaciones de cultivos principales/cultivos de cobertura, encontrados en América Latina (registrados en el taller regional de cultivos de cobertura en Mérida, 1997, de las experiencias de los participantes).

CULTIVOS DE COBERTURA EN SISTEMAS DE CERO LABOREO

El cero laboreo ha sido sugerido como una alternativa al uso alto de insumos de maquinaria y combustibles fósiles. Las ventajas son el incremento de la materia orgánica y la actividad biológica del suelo, compactación reducida y potencialmente una reducción de la erosión. Los incrementos de los rendimientos del trigo y avena sembrados en forma directa, fueron mayores cuando siguieron a cultivos que habían estado asociados con cultivos de cobertura (Salton *et al.*, 1989) Una desventaja de este sistema es el posible incremento de malezas nocivas (mayormente

Cuadro 1

Asociaciones de cultivos principales y cultivos de cobertura

Cultivo principal	Cultivo de cobertura	País / región
Maíz y mijo	Canavalia ensiformis	Honduras
	Mucuna pruriens	Nicaragua
	Phaseolus vulgaris	El Salvador
	Vigna unguiculata ¹	
Mijo	Phaseolus vulgaris	El Salvador Honduras
Calabacín y maíz	Vigna spp.	México
	Phaseolus vulgaris	Honduras
Maíz y tomate	Vigna spp.	México
	Canavalia ensiformis	
Chiles	Canavalia ensiformis	México
Arroz	Mucuna pruriens	Belice
	Dolichos lablab	
	Canavalia ensiformis	
Patatas, cebada, avena	Medicago hispida (Garrotilla)	Bolivia
Verduras	Cajanus cajan (Guandul)	Honduras

¹ Existe un gran número de variedades locales de caupí, con diferentes características de crecimiento y rendimiento. La selección para obtener un balance entre la cobertura y las propiedades alimenticias podría resultar en un cultivo de cobertura localmente adaptado y de doble propósito.

Fuente: Anderson *et al.*, 1997.

perennes); para ayudar en el control de estas especies e incrementar la viabilidad de la tecnología, es necesario un cultivo de cobertura vigoroso, seguido por herbicidas o el picado del mismo para formar un mulch. El

mulch podría controlar malezas a través de los efectos alelopáticos, como también por efectos físicos. La avena negra (*Avena strigosa*) y los lupinos (*Lupinus alba*) son cultivos de cobertura utilizados con este propósito en el Brasil.

El cero laboreo no siempre es una tecnología apropiada ya que investigaciones han mostrado que trigo de invierno sembrado sobre un mulch vivo de una leguminosa forrajera perenne podría sufrir competencia y presentar una reducción de los rendimientos. (White, 1989). Otros investigadores no han encontrado ventajas a la siembra directa dentro de un mulch debido a que la disponibilidad de nitrógeno no está sincronizada con los requerimientos de la planta en el cultivo (Lemon *et al.*, 1990).

CULTIVOS DE COBERTURA PARA SISTEMAS DE CULTIVOS PERENNES

El uso de cultivos de coberturas en sistemas perennes está mucho más ampliamente distribuido y reconocido que su uso en los cultivos anuales. Se considera a Indonesia como un pionero en el uso de cultivos de cobertura en palma aceitera, cocos, plantaciones de goma y sisal, en los cuales proporcionan un método de control de malezas que ahorra mano de obra, reducen la erosión del suelo y proveen nutrientes al suelo. En sistemas silvopastoriles, la cobertura podría también proveer forraje para el ganado.

En otras regiones, donde la precipitación es escasa, se ha reportado la competencia por agua por cultivos de cobertura con un sistema radicular profundo. Cultivos de cobertura agresivos pueden reducir las reservas de humedad del suelo hasta una profundidad de 1m. La incorporación de los cultivos de cobertura como un abono verde también podría conducir a incrementos en rendimiento, por ejemplo, el incremento en la producción de copra en plantaciones pequeñas de cocos en Sri Lanka (Liyanage *et al.*, 1988) e India.

Las funciones de los cultivos de cobertura en sistemas perennes cambian durante el ciclo de desarrollo de los cultivos perennes. Durante la fase inicial de establecimiento, los cultivos de cobertura pueden reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo, absorbiendo los nutrientes disponibles, los mismos que no son aun accesibles al sistema radicular parcialmente desarrollado de los perennes. En Bolivia, la asociación de *Arachis pintoi* y tembe (*Bactris gasipaes*) se encontró que era antagónica debido a la competencia por nutrientes, mientras que la asociación con un

cultivo de cobertura con enrizamiento más profundo, como *Canavalia ensiformis*, parece ser satisfactorio (CIAT/NRI, 1997. Informe de actividades del Proyecto «Investigación Adaptativa en Ichilo-Sara»: Gestión Agrícola 1996/7. CIAT, Casilla 247, Santa Cruz, Bolivia).

Numerosas referencias documentan el uso de cultivos de cobertura en cultivos perennes comerciales tales como duraznos (Aibar *et al.*, 1990), coco (Bourgoing, 1990; Juan y Ababa, 1980), banana (Cintra, 1988), palma aceitera (Chan y Hutauruk, 1982; Lumbantobing *et al.*, 1984; Maskuddin, 1988; Renard *et al.*, 1991, CIDDICO Carta No. 7, 1994), árbol de la goma (Erwiyono y Soekodarmodjo, 1989; Jayasighe, 1991; Kitamura y Miranda, 1989; Kothandaraman *et al.*, 1989; Mathew *et al.*, 1989; Sinulingga *et al.*, 1989) y café (Oladokun, sin fecha). En el caso de cultivos perennes que forman una sombra densa después de cinco a seis años, como en el caso de la palma aceitera, el cultivo de cobertura es necesario solamente durante la fase de establecimiento. Para plantaciones más abiertas, tales como cítricos o mangos, el control de malezas será necesario durante toda la vida del cultivo.

Los cultivos de cobertura más comúnmente usados en plantaciones tropicales y subtropicales son *Pueraria phaseoloides* (kudzu tropical, el cual se establece lentamente alcanzando una cobertura total del suelo después de 10 meses y deberán mantenerse los troncos de los árboles libres de esta leguminosa), *Desmodium ovalifolium* (el cual es tolerante a la sombra), *Arachis* sp., *Calapogonium* sp., *Mucuna pruriens*, *M. bracteata* y *Canavalia ensiformis*.

Cuando el cultivo de cobertura está remplazando a una maleza agresiva, podría requerirse un tratamiento inicial con herbicida (Abad y Juan, 1980) y diferentes métodos de tratamientos requieren diferentes químicos, con sus costos económicos asociados (Juan y Abad, 1980).

Los cultivos de cobertura también son usados en plantaciones madereras. En Honduras, por ejemplo, CONSEFORH ha conducido ensayos de evaluación de diferentes especies de árboles maderables asociados con cultivos de cobertura. El objetivo fue el de reducir los costos del manejo de la plantación por medio de la reducción en los requerimientos de mano de obra para el desmalezado. Un objetivo adicional fue el de mejorar la fertilidad del suelo para incrementar el desarrollo de los árboles. Especies como *Neonatonia wightii*, *Canavalia ensiformis*, *Mucuna* spp. y *Dolichos* spp. fueron establecidas bajo los

árboles de pino (*Pinus caribaea*), Eucalyptus (*Eucalyptus citriodora*) y *Bombacopsis quinata* (Anderson *et al.*, 1997).

CULTIVOS DE COBERTURA PARA LA GANADERÍA

Los cultivos de cobertura ofrecen un potencial para su integración con la producción ganadera en varias formas. Las siguientes referencias bibliográficas apuntan las limitaciones de aquel potencial. Como en el caso de cualquier intervención multipropósito, el agricultor tiene que decidir cual es el balance óptimo de los usos para su situación, basado en la mejor información disponible.

Altos niveles de alcaloides tóxicos, tales como mimosina, torna a algunas especies de cobertura (e.g. *Sesbania grandiflora*) en un forraje no apropiado para monogástricos (Sahid *et al.*, 1993). Animales rumiantes no muestran reacciones adversas al genero *Sesbania*, siempre y cuando la proporción de la leguminosa en el alimento esté restringida a 30% o menos de la dieta. El alto contenido proteico, junto con un buen contenido de minerales y vitaminas, convierte a estas especies en un forraje valioso cuando son suministradas en cantidades controladas a rumiantes (Sahid *et al.*, 1993).

También se ha generado una considerable investigación acerca del valor de los cultivos de cobertura como alimento animal, incluyéndose la cosecha apropiada y las mejores prácticas de manejo para conservar e incrementar los niveles de nutrientes (Brown *et al.*, 1988; Krishna *et al.*, 1985; Singh *et al.*, 1985; Asiedu y Karikari, 1985; Ravindran, 1988). Las leguminosas contienen una alta proporción de nutrientes, y estas podrían ser utilizadas como un concentrado en alimentos para animales; por ejemplo, *Trifolium alexandrinum* como alimento para la producción de pollos (Nazir *et al.*, 1986); las semillas de *Sesbania grandiflora* (Olvera *et al.*, 1988) y *Canavalia ensiformis* como un sustituto parcial a la harina de pescado en la dieta de la tilapia *Oreochromis mossambicus* (Martínez-Palacios *et al.*, 1988). Se están realizando intentos para remover las toxinas de granos de leguminosas con potencial nutritivo alto, por ejemplo *Mimosa invisa* para alimentos de búfalos (Tungtrakanpoung y Rhienpanish, 1992).

Hay ejemplos donde los animales pastorean rentablemente en cultivos de cobertura forrajeros palatables establecidos dentro de plantaciones, por

ejemplo cabras (Murken y Murkerjee, 1988), y vaquillas en Sri Lanka (Liyanage *et al.*, 1988).

La mucuna, conocida y comercializada en los Estados Unidos como «banana field bean», fue probablemente introducida por la United Fruit Company en las plantaciones de banano a lo largo de la costa Atlántica de Centro América. Su principal propósito fue el de proporcionar forraje para las mulas, que eran usadas para transportar banano desde las plantaciones hasta los depósitos (Buckles, 1994).

Las siguientes son conclusiones sobre los cultivos de cobertura en la ganadería, extraídos del «Taller Regional sobre Cultivos de Cobertura», realizado en Mérida, México (Anderson *et al.*, 1997).

La incorporación del componente animal en sistemas campesinos que incluyen cultivos de cobertura (CC) ofrece la oportunidad de sacar beneficios múltiples. Se considera que los siguientes puntos son los más sobresalientes:

- La integración de los animales con CC mejoraría la eficiencia bioeconómica del sistema de producción y así tendría la tendencia a aumentar la estabilidad de la finca, tanto en tiempo como en espacio; también tendría un efecto positivo sobre la conservación de los recursos naturales. Los CC reducen la necesidad de emplear la quema como herramienta de manejo y así evitarían los daños ocasionados al suelo por el calor intenso del fuego.
- La presencia de animales en la finca podría llegar a disminuir la necesidad de cazar animales silvestres para proveer proteínas de origen animal a la dieta familiar. El tiempo ahorrado podría utilizarse en otras actividades más productivas en la finca.
- La combinación de animales con CC llevaría a una intensificación del sistema, soportando una mayor población humana en la misma superficie de tierra. La tendencia sería de reducir la presión sobre el bosque restante y la biodiversidad del mismo.
- Se enfatizó que existen relaciones antagónicas entre el pastoreo y la capacidad del CC para controlar las malezas y reducir la erosión del suelo. Para tener un impacto positivo sobre la conservación del medioambiente, es preciso manejar bien al CC. Se carece de estudios científicos sobre el manejo adecuado para lograr esos propósitos simultáneamente.

- El pastoreo directo o el uso del grano por medio de los animales produce un valor agregado del CC al corto plazo. Las leguminosas normalmente usadas como CC cuentan con un alto valor nutricional, indicado por un buen contenido proteico y una alta digestibilidad. Esas características influyen positivamente en la producción animal.
- El almacenamiento del grano del CC puede ser una fuente alimenticia para los animales en periodos difíciles del año, evitando así una venta forzada en momentos de necesidad financiera.
- La presencia de los animales en el sistema contribuye al reciclaje de nutrientes dentro de la finca. El uso del estiércol ofrece un aumento en la flexibilidad del manejo de la fertilidad, porque puede utilizarse donde tenga mayor beneficio en la finca. Un aspecto importante es que con un manejo integrado del CC se puede lograr mejorar el suelo debido a la contribución de las raíces y el follaje, y a través de la alimentación animal con las semillas del CC y el uso del estiércol, contribuir a la fertilidad de suelos donde no se ha cultivado el CC.
- Los animales representan una herramienta en el manejo del CC, por medio de la poda o por el pastoreo directo. Así se puede inclusive reducir el costo del manejo del CC.
- En sistemas agropecuarios comerciales, los cultivos de cobertura tienen el potencial de regenerar pastos degradados por el mal manejo de la ganadería extensiva; y mejorar la utilización de dietas fibrosas aportando granos y forrajes de buena calidad para rumiantes y no-rumiantes.

Los CC se utilizan en dos formas distintas y es necesario diferenciarlas muy bien, tanto en conversaciones como en informes escritos. Una forma de utilizar los cultivos de cobertura es aprovechar el forraje para rumiantes y monogástricos, y la otra es cosechar el grano para la alimentación de monogástricos como cerdos y aves principalmente. En la región, existen ejemplos concretos de ambas formas de utilización como se muestra a continuación:

Forraje

- Trébol blanco para ovinos y bovinos en La Mixteca (México).
- Rastrojo de maíz con Canavalia para caprinos en Yucatán (México).

- Rastrojo de maíz con Lablab (*Dolichos*) para bovinos y equinos en Honduras.
- Rastrojo de sorgo con Lablab para bovinos en El Salvador.
- Campanilla (*Vigna*) para bovinos y equinos en Honduras.
- Mucuna para porcinos en Yucatán (México).
- Maní forrajero (*Arachis pintoi*) para bovinos y caprinos en El Salvador.

En la Mixteca y en los estados Mexicanos de Quintana Roo, Yucatán y Campeche, la población humana también consume Mucuna en varias formas. En Santa Cruz, Bolivia, se ha demostrado que las *Vicia* spp. se pueden utilizar como CC durante la época seca, sembrándolas después de la cosecha de un cultivo anual. A pesar de que el CC pueda producir hasta 3 t/ha de materia seca de buena calidad para los rumiantes, no se ha adoptado ésta técnica a nivel del productor, posiblemente debido al alto costo de la semilla en comparación con el valor de la tierra.

Algunas dificultades encontradas se notan a continuación:

- El pastoreo directo puede perjudicar el desarrollo del CC; es preciso llegar a un balance delicado para que el CC pueda cumplir con su propósito principal, mientras que se aprovecha el forraje sobrante para los animales.
- Algunos CC son atacados por plagas naturales, por lo cual se reduce la disponibilidad del forraje.
- Existen factores anti-nutricionales entre los CC, que son difíciles de eliminar.

Grano

Hay varios tratamientos empleados para preparar el grano antes de ofrecerlo a los animales.

- El grano de Lablab y Mucuna se tuesta y muele. Se da en mezcla con maíz a razón de dos partes de maíz por uno de leguminosa para aves. Si se da mayor proporción de leguminosa, los aves se ponen hiper-activas.
- Se hierve y muele el grano de Mucuna y se mezcla en proporción de dos a uno con maíz para porcinos.

- El grano de Canavalia y Mucuna se remoja durante 24 a 48h, se lava y se da a los rumiantes.

Se pregermina el grano de la Mucuna para gallinas, pavos y porcinos.

También se ha reportado que en México, actualmente está bajo prueba un proceso de fermentación de grano de Canavalia con, o sin melaza, con el fin de alimentar porcinos. En Guatemala, la Canavalia tostada y molida se usa para consumo humano como café. Sin embargo:

- A pesar que existen prácticas bien difundidas para eliminar o reducir el efecto de los factores tóxicos en las semillas, todavía hay dudas sobre los tratamientos adecuados.
- En muchas comunidades, no existe la costumbre de alimentar los animales con granos de CC.
- Los rendimientos de grano son reducidos a veces, y se desconocen las prácticas adecuadas de manejo necesarias para conseguir buenos rendimientos.

CONCLUSIONES

Los cultivos de cobertura son una tecnología versátil y adaptable, de interés particular para las familias agrícolas de pocos recursos y de pequeña escala en América Latina. Sin embargo, antes de promover la tecnología, es importante asegurarse que las condiciones físicas, sociales, económicas y políticas son las apropiadas. Si esto ocurre, los cultivos de cobertura se constituyen en un mensaje fácil de diseminar y con muchos beneficios potenciales. Los cultivos de cobertura tienen un papel importante en la transición de la agricultura de corte y quema hacia sistemas estables y permanentes, especialmente aquellos que incorporan cultivos perennes y ganadería.

Bibliografía

- Abad, R.G., & Juan, N.C.S. 1980. Replacement of 'cogon' (*Imperata cylindrica* (L.) Beau.) vegetation under coconut with leguminous covercrops. In: *Annual Report 1980*, agricultural research Branch, Philippine Coconut Authority. pp. 75-90.
- Aibar, J., Delgado, I., Gomez-Aparisi, J. & Zaragosa, C. 1990. Preliminary results from the planting of ground cover crops in a peach orchard. pp189-197. In: *Actas de la Reunión de la Sociedad Española de Malherbología*.
- Anderson, S. Ferraes, N. Gundel, S. Keane, B. y Pound, B (eds.) 1997. «*Cultivos de Cobertura: componentes de sistemas integrados*». Taller Regional Latino-Americano. 3-6 de Febrero 1997. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México
- Armado, T.J., & Teixeira, L.A.J. 1991. Cover crop effects on nitrogen supply and onion yield. *Onion Newsletter for the Tropics* 3: 13-15.
- Asiedu, F.H.K. & Karikari, S.K. 1985 Energy and protein content and intake by stall-fed lambs of pure and mixed swards of *Centrosema pubescens* Benth., *Pueraria phaseoloides* Benth., and *Brachiaria mutica* Stapf. under a mango plantation. *Journal of Agricultural Science*, 104(1): 47-59.
- Barber, R.G. & Navarro, F. 1994 Evaluation of the characteristics of 14 cover crops used in a soil trial. *Land Degradation and Rehabilitation* 5: 201-214.
- Bourgoing, R. 1990 Choice of cover crop and planting method for hybrid coconut growing on smallholdings. *Oleagineux* 45.1: 23-30.
- Bradow, J.M. & Connick, W.J. Jr. 1998. Inhibition of cotton seedling root growth by rhizosphere volatiles. In: *Proceedings, Beltwide Cotton Products Research Conference*. Memphis, Tennessee: National Cotton Council.
- Burkhill, I.H. 1968 *-A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula*. Kuala Lumpur, Malaysia: Governments of Malaysia and Singapore
- Brown, D., Chavalimu, E., Salim M. & Fitzhugh, H. Intake, selection, apparent digestibility and chemical composition of *Pennisetum purpureum* and *Cajanus cajan* foliage as utilized by lactating goats. *Small Ruminant Research* 1: 59-65
- Buckles, D. *El Frijol terciopelo: una planta «nueva» con historia*. CIMMYT Documental Interno. Mexico CIMMYT.
- Buckles, D., Ponce, J., Sain, G. & Medina, G. 1992. Intake, selection, apparent digestibility and chemical composition of *Pennisetum purpureum* and *Cajanus cajan* foliage as utilized by lactating goats. *Small Ruminant Research* 1(1): 59-65.
- Chan, F & Hutaauruk, C. 1982. *Establishment of legume ground covers in oil-palm plantations*. Pedoman Teknis, Pusat Penelitian Marihat, 18:5.
- CIAT/NRI 1997. *Informe de actividades del Proyecto «Investigación Adaptativa en Ichilo-Sara»*: Gestión Agrícola 1996/7. CIAT, Casilla 247, Santa Cruz, Bolivia
- Cintra, F.L.D. & Borges, A.L. 1988. Use of a legume and a mulch in banana production systems. *Fruits* 43(4):211-217.
- Deka, R.K. & Sarkar, C.R. 1990. Nutrient composition and antinutritional factors of *Dolichos lablab* L. seeds. *Food Chemistry* 38 (4):239-246.

- de la Cruz, R. 1992. Las coberturas vivas como ayuda en el manejo de malezas. (Cover crops as a help in weed management). Programa y resúmenes. In: *4th Congreso International MIP*, p. 89.
- Erwiyono, R & Soekodarmodjo, S 1989. Physical properties of latosols under *Calopogonium caeruleum* which affects the development of rubber plants. *Menara Perkebunan* 57(3): 79-82.
- FAO. (1994) *Tropical Soybean: improvement and production*. FAO Plant Production and Protection Series No. 27.
- Folorunso, O.A., Rolston, D.E., Prichard T. & Louie, D.T. 1992. Cover crops lower soil surface strength, may improve soil permeability. *California Agriculture*, 46(6):26-27.
- Garrity, D.P. & Flinn, J.C. 1986 *Yield Stability and Modern Rice Technology*. IRRI Research Paper Series 122. Manila, Philippines.
- Gundel, S. 1998. "Participatory innovation development and diffusion" Vol 21, Kommunikation und Beratung - Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und Landlichen Entwicklung, Margraf Verlag, Germany.
- Gundel S., Anderson S., & Pound B. with Triomphe B., 1998 "Cover crops: components of integrated systems". IT Publications Ltd. London, UK (forthcoming)
- Guritno, B., Sitompul, S.M. & Heide, J. van der 1992. Reclamation of alang-alang using cover crops on an ultisol in Lampung. *Agrivita* 1991. 15(1) 87-89.
- Jayasinghe, C.K. 1991. The role of leguminous cover crops in soil improvement with special reference to the nitrogen economy of tropical rubber soils. *Bulletin of the Rubber Research Institute of Sri Lanka* 28: 23-26.
- John P.S., Pandey, R.K. Buresh, R.J. & Prasad, R. 1992. Nitrogen contribution of cowpea green manure and residue to upland rice. *Plant and Soil* 42(1):53-61.
- Juan, N.C.S. & Abad, R.G. 1980. Weed management in coconut. In *Annual Report 1980 Agricultural Research Branch, Philippines Coconut Authority* pp157-159.
- Karlen, D.L., Carvel, G.E., Bullock, D.G. & Cruse, R.M. 1994 Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy*, 53:1.45.
- Kiff, E., Pound, B. & Holdsworth, R. 1996 *Cover Crops: A review and database for field users*. Chatham, UK. Natural Resources Institute.
- Kitamura, M.C. & Miranda, C.H.B. 1989. *Evaluation of soil cover with leguminous crops in rubber in the State of Mato Grosso do Sul*. Pesquisa em Andamto-EMPAER 35:7.
- Kothandaraman, R., Matthew, J. Krishnakumar, A.K., Joseph, K. & Sethuraj, M.R. 1989. Comparative efficiency of *Mucuna bracteata* D.C. and *Peuraria phaseoloides* Benth. on soil nutrient enrichment, microbial population and growth of Hevea. *Indian Journal of Animal Sciences* 55(12):1109-1112.
- Krishna, N., Prasad, J.R. & Prasad, D.A. 1985. Effect of stage of maturity on chemical composition and nutritive value of sunnhemp (*Crotalaria juncea* Linn.) forage. *Indian Journal of Animal Sciences* 55(12):1109-1112.
- Lathwell, D.J. 1990. Legume green manures: Principles for management based on recent research. *Trop. Soils Bulletin* 90-01.
- Lemon, R.G., Hons. F.M. & Saladino, V.A. 1990. Tillage and clover cover crop effects on grain sorghum yield and nitrogen uptake. *Journal of Soil and Water Conservation* 45(3):52-68.

- Liyanage, L.V.K. Jayasundara, H.P.S., & Gunasekara, T.G.L.G.** 1988. Potential uses of nitrogen-fixing trees on small coconut plantations in Sri Lanka. In: *Multipurpose Tree Species for Small-Farm Use*. Proceedings of an international Workshop in Pattaya, Thailand.
- Lumbantobing, T & Endang, S.** 1984. The use of pre-emergence herbicides for legume cover crop establishment in oil palm plantations. *Buletin, Pusat Penelitian Marihat*, 4(3):52-68.
- Martinez-Palacios, C.A., Cruz, R.G., Novoa, M.O.A. & Chavez-Martinez, C.** 1988. The use of Jack Bean (*Canavalia ensiformis*) meal as a partial substitute for fish meal in the diet of Tilapia. *Aquaculture*, 68(2):165-175.
- Maskuddin** 1988. The effects of inoculation and types of legume cover crops on the growth and yield of oil palm. *Buletin Perkebunan* 19(1,3):7-13.
- Matthew, M., Punnoose, K.T., Potty, S.N. & George, E.S.** 1989. A study of the response in yield and growth of rubber grown in association with legume and natural ground cover during the immature phase. *Journal of Plantation Crops*. (Proceedings of the Seventh Symposium on Plantation Crops, Coonoor, India. 16-19 October 1986.) 16 (supplement) 433-441.
- McVay, K.A., Radcliffe, D.E. & Hargrove, W.L.** 1989. Winter legume effects on soil properties and nitrogen fertilizer requirement. *Soil Science Society of America Journal*, 53(6):1856-1862.
- Murken, A. & Mukherjee, T.K.** 1988. Grazing behaviour and selective feed intake of Malaysian goats under permanent crops. *Giessener Beitrage zur Entwicklungsforschung. Reigh 1, Symposien*. 17:267-237.
- Nazir, M., Khan A.D. & Shah, F.H.** 1986. Berseem (*Trifolium alexandrinum*) protein concentrate in broiler rations. *Plant Foods for Human Nutrition* 36(3):185-190.
- Oladokun, M.A.O.** (no date). An assessment of cultural weed control methods in Quillou coffee. (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner var. *canephora* Haarer) plots. In: *Proceedings of the Ninth Annual Conference of the Weed Science Society of Nigeria*. pp33-40
- Olvera, M.A., Martinez, C.A., Galvin, R. & Chavez, C.** 1988. The use of seed of the leguminous plant *Sesbania grandiflora* as a partial replacement for fish meal in diets for tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture*, 71(1-2):51-60.
- Onim, J.F.M., Mathuva, M., Otieno, K. & Fitzhugh, H.A.** 1990. Soil fertility changes and response of maize and beans to green manures of leucaena, sesbania and pigeonpea. *Agroforestry Systems*. 12(2):197-215.
- Ravindran, V.** 1988. Studies of *Mucuna pruriens* (L.) DC as a forage alternative in tropical countries. Evaluation of productivity and forage quality, at four different growth stages. *Beitrage zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinarmedizin* 26(4).
- Renard, J.L. & Franqueville, H. de** 1991. Effectiveness of crop techniques in the intergrated control of oil palm vascular wilt. *Oleagineaux* 46(7):255-265.
- Sahid, I., Tasrif, A., Sastroutomo, S.S. & Latiff, A.** 1993. Allelopathic potential of legume cover crops on selected weed species. *Plant Protection Quarterly* 8(2):49-53.
- Salton, J.C., Hernani, L.C. & Coleho, V. de O.** 1989. Systems of production and soil cover in direct sown crops. *Documentos-UEPAE Dourados* 39:117-222.

- Sharma, R.C. & Sharma, H.C. 1990. Fertilizer phosphorus and potassium equivalents of some green manures for potato in alluvial soils of Punjab. *Tropical Agriculture* 67(1):74-76.
- Shatilov, I.S. & Dobrovol'skaya, V.G. 1991. Uptake of major nutrients by lucerne grown with and without cover crop. *Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii* 2:11-27.
- Singh, R., Kamra, D.N., & Jakhmola, R.C. 1985. Ensiling of leguminous green forages in combination with different dry roughages and molasses. *Animal Feed Science and Technology* 12(2):133-139.
- Sinulingga, W., Tjitrosomo, H.S.S., Pawirosoemardjo, S. & Rumawas, F. 1989. Effect of several cover crops on the intensity and viability of *Rigidoporus lignosus* on rubber trees. *Buletin Perkaretan* 7(1):6-12.
- Smyth, T.J., Cravo, M.S. & Melgar, R.J. 1991. Nitrogen supplied to corn by legumes in a central Amazon oxisol. *Tropical Agriculture* 68(4):366-372.
- Tungtrakanpoung, N. & Rhienpanish, K 1992. The toxicity of *Mimosa invisa* mart.var. *inhemis* Adelbert to buffaloes. *Buffalo Bulletin*. 11(2):30-31.
- Versteeg, M.N. 1990. *La Culture de Couverture de Mucuna (Mucuna pruriens var utilis) pour Controler l'Imperata (Imperata cylindrica) et pour Ameliorer la Fertilité du Sol*. Benin: IITA.
- White, J.G. 1989. *Effects of cereal species, legume species and nitrogen on no-till winter wheat and rye grown with perennial forage legume living mulches*. Dissertation Abstracts International 49(8).

Comentarios

Manuel Sánchez

El tema de este artículo, los cultivos de cobertura, es de mucha importancia para los sistemas silvopastoriles que implican el pastoreo bajo plantaciones de árboles frutales, maderables o para fines industriales (caucho o goma, palma aceitera, coco). Es en estos últimos donde más se ha trabajado en relación a los cultivos de cobertura. En el Sudeste Asiático donde se encuentran las mayores plantaciones de árboles de caucho y de palma aceitera, se siembra el cultivo de cobertura como parte del paquete tecnológico standard del cultivo principal. La mezcla de leguminosas incluye *Pueraria javanica* (Kudzu), *Calopogonium caeruleum*, *C. muconoides* y *Centrosema pubescens*, ésta última no siempre presente. Desafortunadamente, la mezcla fue desarrollada sin tomar en consideración la posible intergración de animales, de manera que *C. caeruleum* es impalatable, y *C. muconoides* y Kudzu son de baja palatabilidad. En estudios de pastoreo realizados con ovinos bajo caucho, la proporción de kudzu aumentaba con el tiempo a no ser consumida por los animales. Los bovinos sin embargo la consumen mejor. Ha habido un gran esfuerzo de investigación para encontrar nuevas mezclas de forrajes (pastos y leguminosas) que puedan incorporarse a estas plantaciones durante las diferentes etapas. Una de las restricciones mayores es la dinámica disponibilidad de luz bajo los árboles una vez que la copa se empieza a cerrar. En el caso del caucho, lo normal es que el cultivo de cobertura desaparezca totalmente después de algunos años al no haber suficiente luz. Más tarde cuando la luz penetra de nuevo al expandirse verticalmente la copa de los árboles, gramíneas comienzan a aparecer, y forma el nuevo cultivo de cobertura, a menos de que se haga un esfuerzo especial en introducir leguminosas de nuevo. En Cuba desde hace unos años se está trabajando en el concepto de cultivos de cobertura para cítricos, que se ha ampliado a cocoteros. Aparte de la supresión de malezas y la protección del suelo contra la erosión, el principal objetivo es mejorar la calidad del forraje para permitir una mejor integración de los ovinos, tratando de disminuir al mínimo el daño al follaje de los cítricos. Espero que nuestros colegas de la Universidad de Ciego de Avila (UNICA) aprovechen esta oportunidad para darnos más detalles de este importante

trabajo. Felicidades a Barry Pound por el artículo y por su interés en este tema esencial para la sostenibilidad de ciertos sistemas silvopastoriles.

María Elena Gómez

Si bien, los cultivos de cobertura han sido implementados en diferentes sistemas de producción como una práctica muy ventajosa y que cumple muchas funciones, valdría la pena anotar una situación inversa donde se dan las mismas relaciones, como por ejemplo lo que sucede en bancos de proteína establecidos con árboles. En este sistema se ha observado que a través de los años ocurre una transformación de la vegetación herbácea acompañante en la medida que cambian las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos. Estas especies crecen en suelos sueltos, con buenos contenidos de materia orgánica y humedad adecuada. La vegetación herbácea que crece en este sistema es diversa, y está formada por especies diferentes de las compuestas, conmelinas, gramíneas y otras, que también constituyen un aporte importante en cantidad de forraje para los animales.

Roberto Sánchez, Jatnel Alonso, Gustavo Febles y Tomás E. Ruiz

Ante todas nuestras felicitaciones a Barry Pound por abordar un tema que como bien plantea es muy diverso. Estamos de acuerdo en la similitud de los términos cultivos de cobertura y abonos verdes ya que estos últimos además de servir de cobertura durante un período incorporan al suelo nutrientes, materia orgánica y residuos vegetales de gran interés para la mejora de las propiedades físicas del suelo. Los cultivos de cobertura juegan un rol muy importante en las regiones tropicales ya que mediante esta práctica se puede reducir el impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo. Nosotros hemos obtenido muy buenos resultados, tanto en fincas de agricultores como en cooperativas, con la utilización de la mucuna (*Stizolobium aterrimum*) y *Canavalia ensiformis* como cobertura viva y abono verde estableciéndolas en forma intercalada con el maíz como precedente al cultivo de la papa. Los beneficios producidos por tal práctica han sido:

- No afectaron el rendimiento de mazorcas de maíz, incrementaron alrededor de 3,5 ton/ha el rendimiento de papas y,
- Aumentaron los contenidos de materia orgánica, fósforo, potasio y calcio del suelo.

Consideramos que debe utilizarse otros tipos de cobertura tales como las coberturas muertas y/o artificiales. La utilización de un tipo u otro está en dependencia del propósito para el cual se empleen y la época del año. Las coberturas artificiales evitan la evaporación del agua y disminuyen la incidencia de los rayos solares pero tienen las desventajas de que no permite la infiltración del agua y no realizan ningún aporte al suelo. Sin embargo las coberturas muertas además de proteger al suelo de la erosión crean un microclima típico en capa superficial al disminuir la incidencia de los rayos solares, la temperatura, aumentar la humedad del suelo y servir de fuente de nutrientes para la fauna del suelo tanto las coberturas vivas como muertas estimulan en gran medida la fauna del suelo.

Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales

Raúl Botero y Ricardo O. Russo

Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda, Costa Rica

SUMMARY

In the development of agroforestry, nitrogen-fixing trees and shrubs can be associated with agricultural crops, with pastures for grazing, or with alternate crops and pastures, and can also be used in fodder banks and as live fences. In this article, the main nitrogen-fixing shrubs and trees are presented, together with their current and potential uses on tropical acid soils. It discusses the main interactions in agroforestry: increase in soil nitrogen level; improvement in the physical condition of the soil; creation of a favourable microclimate for grazing animals; competition for water, nutrients, light and space; acceleration of the recycling of soil nutrients; among others. Finally, it describes in detail the options for the establishment of silvo-pastures, fodder banks and live fences, as well as the results obtained in each of these systems.

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de la agroforestería, los árboles y arbustos fijadores de nitrógeno (AFN) pueden asociarse con cultivos agrícolas (Sistema Agroforestal), con pasturas para pastoreo (Sistema Silvopastoril), ser mantenidos alternando entre cultivos agrícolas y pasturas (Sistema Agrosilvopastoril) y también como bancos forrajeros y como cercas vivas. Esto es debido a su gran variedad de productos y usos como: leña, carbón, madera, frutos, productos medicinales e industriales, tutores de cultivos, sombra, división de lotes y demarcación de linderos en fincas, barreras rompeviento, control de erosión, refugio de avifauna silvestre, reciclaje de

nutrimentos, etc. Además, el follaje de algunos de ellos puede ser cosechado, bajo corte o pastoreo directo, para la suplementación animal. Una característica de los AFN es la de fijar nitrógeno (N) atmosférico en sus nódulos radicales y, a través del metabolismo, almacenarlo en su componente forrajero (hojas, peciolo, tallos tiernos 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 protéico (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 nutrimentos por la flora ruminal. Una parte de la proteína puede estar ligada a compuestos antinutricionales, llamados taninos y fenoles condensados, que le permiten escapar, con la grasa, a la fermentación ruminal, por lo cual su forraje puede ser fuente importante de proteína y de energía sobrepasantes, siempre que se logre un balance apropiado de nutrimentos en el ecosistema ruminal (Preston y Leng, 1989). Una cantidad variable de la proteína ligada a compuestos antinutricionales puede sobrepasar el aparato digestivo y salir inalterada en la heces (indigerible), sin que pueda ser utilizada como nutrimento por los animales. 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 AFN, adaptados a un amplio rango de zonas agroecológicas. Son especies perennes, con excepción de varios ecotipos de *Cajanus cajan*, *Codariocalyx gyroides* y *Sesbania sesban* que se comportan como semiperennes. Las especies que han resultado persistentes y productivas en diversos sistemas agropecuarios y sus principales usos actuales y potenciales en suelos ácidos tropicales se relacionan en el Cuadro 1. La mayoría de estas especies son leguminosas, lo cual no indica que necesariamente todas las leguminosas fijen nitrógeno. También se incluyen especies que, sin ser leguminosas, fijan nitrógeno atmosférico, en este caso representadas por *Alnus* y *Casuarina*.

CUADRO 1

Principales arbustos y árboles fijadores de nitrógeno y sus usos en sistemas agropecuarios en suelos ácidos tropicales.

Especies de AFN	Silvopasturas	Cercas Vivas	Bancos Forrajeros
<i>Acacia aneura</i>	X		
<i>Acacia farnesiana</i>		X	X
<i>Acacia mangium</i>	X	X	
<i>Aeschynomene spp.</i>			X
<i>Albizia lebbek</i>	X	X	
<i>Albizia saman</i>	X	X	
<i>Albizia guachapele</i>	X	X	
<i>Alnus acuminata</i>	X		
<i>Cajanus cajan</i>			X
<i>Calliandra arborea</i>	X		
<i>Calliandra calothyrsus</i>		X	X
<i>Casuarina cunninghamiana</i>	X	X	
<i>Clitoria fairchildiana</i>	X	X	X
<i>Codariocalyx gyroides</i>			X
<i>Cratylia argentea</i>			X
<i>Dalbergia retusa</i>		X	
<i>Dendrolobium spp.</i>			X
<i>Desmodium velutinum</i>			X
<i>Diphysa robinoides</i>		X	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	X	
<i>Erythrina berteroana</i>	X	X	X
<i>Erythrina cochleata</i>	X	X	X
<i>Erythrina fusca</i>	X	X	X
<i>Erythrina lanceolata</i>	X	X	X
<i>Erythrina poeppigiana</i>	X	X	X
<i>Erythrina variegata</i>	X	X	X
<i>Erythrina edulis</i>	X	X	X
<i>Flemingia macrophylla</i>			X
<i>Gliricidia sepium</i>	X	X	X
<i>Inga spp.</i>	X	X	
<i>Mimosa scabrella</i>	X	X	
<i>Paraserianthes falcataria</i>	X		
<i>Pentaclethra macroloba</i>	X	X	
<i>Pithecellobium dulce</i>	X	X	
<i>Pithecellobium longifolium</i>	X	X	
<i>Pterocarpus hayesii</i>	X	X	
<i>Sesbania sesban</i>			X
<i>Stryphnodendron excelsum</i>	X	X	
<i>Tadehagi spp.</i>			X

FUENTES: Argel y Maass, 1995; Benavides, 1994; Botero, 1992; Russo y Botero, 1996a.

INTERACCIONES EN AGROFORESTERÍA

En la agroforestería desarrollada con AFN 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; Rusco y Botero, 1996a; Torres, 1983) son:

- Los AFN incrementan el nivel de nitrógeno en el suelo debido a su capacidad de fijarlo de la atmósfera, a través de la simbiosis con bacterias en sus raíces, y por medio del aporte de materia orgánica hecho al suelo a través de la caída periódica o estacional, natural o provocada (cosecha), de hojas, flores, frutos, ramas y raíces muertas. Además, sus raíces pueden absorber nutrientes de capas profundas del suelo y traerlos a la superficie, haciéndolos disponibles para la pastura o para el cultivo agrícola asociado. En algunos casos, pueden incrementar la disponibilidad de fósforo (simbiosis con micorrizas), calcio, potasio y magnesio.
- 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.
- 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).
- Los AFN pueden competir con la pastura y con los cultivos agrícolas por agua, nutrimentos, 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 nutrimentos para todos los componentes del sistema. La selección apropiada de especies y las podas selectivas (en cuanto a espacio climatizar e intervalos de tiempo entre cortes) contribuyen a reducir la competencia entre los componentes en agrosilvopasturas.

- 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).
- Las preferencias alimenticias de los animales pueden alterar la composición forestal. A largo plazo, solo persistirán aquellas especies leñosas no consumidas por los animales.
- Se acelera el reciclaje de nutrimentos 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.
- Los animales pueden consumir las legumbres o frutos, aprovechando sus nutrimentos, 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).
- 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 chigüiro (Botero, 1992).
- El búfalo de agua posee un alto potencial como animal de triple propósito (carne-leche-tracción) para el trópico húmedo. La explotación de este rumiante, que no posee glandular sudorípara y por ello requiere de abundante sombra, sería más eficiente en sistemas agrosilvopastoriles.

SISTEMA SILVOPASTORIL

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).

Opciones para el establecimiento de silvopasturas

Existe la posibilidad de sembrar simultáneamente pasturas con AFN 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 AFN. En este caso se deben transplantar 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 de AFN, cuyos árboles jóvenes no son ramoneados por los animales e.g. (*Acacia farnesiana*, *Pithecellobium dulce*).

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 AFN pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio, con varios ciclos de cultivos trimestrales en rotación, de cereales como arroz seco, maíz, sorgo, millo; oleaginosas como soya, maní, ajonjolí; legumbres como caupí, canavalia, mungo, fríjol de abono; o frutos como sandía o patilla, zapallo o ayote, cidra o chayote, melón, etc. (Botero,

1996). Los AFN también pueden sembrarse simultáneamente y desde el inicio con un cultivo anual o bianual como yuca, ñame, tiquisque, camote, jengibre, pina, guandul, plátano, 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 1.5 años) para no ser dañados por el ramoneo de los animales, al iniciar el pastoreo de la silvopastura (Botero, 1992).

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 jaul (*Alnus acuminata*) asociado en silvopasturas con pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y con gramíneas para corte como pasto elefante (*P. purpureum*). Los árboles provienen de regeneración natural o son producidos en vivero y plantados a distancias de 8 x 14m (100 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 del ganado, los ganaderos construyen cercos 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 40cm de diámetro 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 nlemfuensis* - (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.

Arboles de *E. 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 4m y 3 x 3m (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 Cuéllar, 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, payande 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 2.

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 72 vacas pastoreando en las silvopraederas, comparado con el grupo, de igual número de vacas, pastoreando en las praderas de gramínea pura (Botero, 1993; Ramírez, 1991).

Cuadro 2

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

Pradera	Contenido mineral en las heces (%MS)					Preñez (%)
	N	P	K	Ca	Mg	
Gramíneas	1,13	0,36	0,82	0,6	0,4	33
Silvopastoreo	1,46	0,42	1,17	0,9	0,5	58

Fuente: Adaptado de Botero, 1993.

La granja «EL Hatico» en Colombia posee 135ha de silvopastoreo, con predominio de la especie AFN algarrobo forrajero (*Prosopis juliflora*) con cobertura de varias gramíneas introducidas en asociación con leguminosas herbáceas nativas. El silvopastoreo posee una población promedio de 35 árboles/ha que producen 50kg 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).

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 saman (*Albizia 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 no se incluye dentro de estas especies, puesto que 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 (agrosilvopastoreo), 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

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.

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 (malezas). 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 (e.g. caña de azúcar, king grass, elefante, etc.) o para pastoreo (e.g. estrella, guinea, braquiarias, etc). A este último sistema se lo denomina actualmente como banco de energía. El banco de energía de AFN en mezcla o con cobertura de gramíneas no elimina la posibilidad de asociación de su cobertura inferior con leguminosas herbáceas nativas o

introducidas y preferiblemente no trepadoras (e.g. *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., (e.g. morera, amapola, nacedero, ramio, pringamoza, botón de oro, bledo, 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).

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 matarratón o madero negro (*Gliricidia sepium*) en la granja El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. Los resultados, así como las principales conclusiones obtenidas con bancos forrajeros de *Gliricidia sepium* manejados bajo corte desde 1986, se presentarán en un futuro artículo en esta conferencia.

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 > 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 Masas, 1995). La DIVMS medida en el forraje de los AFN esta 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 850g/d, 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/d)
Gramínea picada (caña de azúcar y/o pastos de corte)	26
Forraje arbóreo picado y oreado	9
Melaza o vinaza líquidas + urea al 10% ó Bloques multinutricionales	1
Cama de aves	0,5
Semilla, harina o torta de oleaginosas	0,5
Sal mineralizada y agua de bebida a voluntad	

Fuente: 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* (Reserva Pozo Verde, CIPAV, Colombia) así:

Suplemento artesanal	%
Forraje 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 Cuéllar, 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 (Cuéllar, *et al.*, Rodríguez y Preston, 1992).

Tres grupos de 9 vacas lactantes, que poseían cada uno 3 vacas con menos de 100d, 3 vacas con 100-200d y 3 vacas con más de 200d 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 3.

Cuadro 3

Consumos de concentrado convencional y de suplemento artesanal y producción de leche en vacas F1 (Holstein x Cebú) doble propósito bajo pastoreo intensivo en pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Reserva Pozo Verde, Colombia.

Tratamiento	Concentrado convencional	Suplemento artesanal	Producción de leche Kg/vaca/día
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 son altamente significativas ($P < 0,01$). Fuente: Adaptado de Rodríguez y Cuéllar, 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 4kg/d del concentrado convencional (tratamiento I) fue similar a la del grupo de vacas que consumió 4kg 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 4kg de concentrado convencional o con 8kg del suplemento artesanal fueron iguales, las vacas del grupo III produjeron 0,6kg 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 120g de urea/día. Al suplementar las vacas con forraje de poró o de madero negro, se obtuvieron producciones similares (7,3 vs 7,4kg de leche/d) y superiores ($P < 0,05$) en un 10% al tratamiento con urea (6,7kg de leche/d). 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, aún 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, y 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 (Lascano *et al.*, 1995), las cantidades de N en el bolo alimenticio a su salida del abomaso y el N eliminado en las heces (**indigerible**), permiten medir el nitrógeno (**sobrepasante**) absorbido en el intestino por diferencia,.

CERCAS VIVAS

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 linderos de propiedades.

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 2,5m de longitud y 5 a 10cm de diámetro, enterradas a una profundidad de entre 20 a 30cm y a distancias entre 0,5 a 5m. 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 5kg 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 transplante definitivo a la cerca.

Mientras se establecen las cercas vivas de AFN, recién transplantados, 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, etc. o untarles a los arbustos grasa vegetal o animal (manteca, cebo) mezclada con estiércol bovino, a lo largo de los tallos (Botero, 1992).

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 *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. berteroana* (poró común), que habían sido establecidas en 1976, 1979 y 1983 a distancias de 1,0, 0,6 y 0,8m 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. berteroana* varía de acuerdo con la frecuencia de poda (Cuadro 4).

La mayor producción de biomasa leñosa y total se obtuvo cuando la cerca viva fue cosechada cada 12 meses y la menor cuando fue

Cuadro 4

Producción de biomasa fresca, leñosa y comestible(kg) 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	Frecuencia de poda (meses)			
	3	6	9	12
Leña	513	2 065	2 554	3 374
Forraje comestible	1 441	1 798	1 352	872
Total	1 954	3 863	3 906	4 246

Fuente: Adaptado del CATIE, 1986.

cosechada cada 3 meses. En contraste la mayor producción de forraje comestible se obtuvo en las podas realizadas cada 6 meses.

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 entre 54 a 70% (Camero, 1994; Galindo, *et al.*, 1989; Gómez, *et al.*, 1995; Simmons y Stewards, 1994).

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA AGROFORESTERÍA

Varios autores han analizado las ventajas y desventajas de tales sistemas (Borel, 1987; Botero, 1995; Bronstein, 1983; Ruiz, 1983; Russo y Botero, 1996a; Torres, 1983).

Las principales ventajas de estos sistemas son:

- La diversificación de las actividades productivas dentro de la finca reduce el riesgo económico de la inversión.
- Los productores obtienen beneficios adicionales en efectivo, representados por la producción de leña, postes, madera, frutos y forraje, que pueden ser utilizados dentro de la misma empresa o ser comercializados en el mercado.
- Los árboles contribuyen al mejoramiento de las condiciones químicas y físicas del suelo.
- Los animales consumen la cobertura herbácea, que puede competir con los árboles, dificultar el manejo e incrementar el riesgo de incendios en plantaciones forestales. En silvopasturas con árboles frutales o palmas, el pastoreo facilita la cosecha de los frutos.
- En el caso de agrosilvopasturas, hasta el 70% de la biomasa producida por los cultivos asociados y el forraje de algunas especies de AFN se complementan en su contenido de nutrimentos (energía, proteína, vitaminas y minerales) y pueden ser utilizados en la alimentación animal, sin crear competencia por los productos de consumo humano.
- Los árboles proporcionan refugio contra la radiación solar, las altas temperaturas, las lluvias y el viento. Esto contribuye a incrementar la eficiencia productiva en los sistemas de producción animal tropical.
- Permiten flexibilidad para cambiar rápidamente a cualquier otro tipo de explotación agrícola, cuando el momento económico así lo exija.

Las principales desventajas de estos sistemas son:

- La gran mayoría de los agricultores y ganaderos de América Tropical están acostumbrados a trabajar en áreas despejadas y limpias, lo cual implica un paisaje sin árboles en lotes para cultivos y pasturas.
- La cobertura arbórea, principalmente si es muy densa, puede competir severamente contra las plantas herbáceas asociadas.
- Los árboles pueden dificultar o incluso impedir la cosecha del forraje herbáceo y el mantenimiento mecanizado de las pasturas asociadas.
- Los árboles jóvenes, recién plantados o provenientes de la regeneración natural, deben ser protegidos para evitar su daño por el ramoneo de los animales en pastoreo.
- Para los productores es difícil conseguir comercialmente semilla o árboles jóvenes para su propagación o transplante.

BIBLIOGRAFÍA

- Alpizar, L.** 1987. Results from the CATIE "Central Experiment": Pasture and shade tree associations. In: J. Beer; H.W. Fassbender y J. Heuveldop (eds.). *Advances in Agroforestry Research. Proceedings*. CATIE pp209-214.
- Argel, P y Maass, B.** 1995. Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América tropical. En: Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils". Evans, D.O. y Szott, L.T. (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp 215-227.
- Beer, J.** 1980. *Erythrina poeppigiana con pasto*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 4p. (mimeografiado).
- Benavides, J.E.** 1983. *Investigación en árboles forrajeros*. (CATIE). Turrialba, Costa Rica. Mimeo 18p.
- Benavides, J.E.** 1994. La investigación en árboles forrajeros. En: *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Benavides, J.E. (comp. y ed.) Costa Rica. CATIE. II vol. 721p.
- Benavides, J.E., Rodríguez, R.A. y Borel R.** 1994. Producción y calidad de forraje de King Grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) en asociación. En: *Arboles y arbustos forrajeros en América Central*. Benavides, J.E. (ed.). CATIE. Vol. II. pp 441-452.
- Benavides, J., Esquivel J. y Lozano E.** 1985. *Módulos agroforestales con cabras para la producción de leche. Guía técnica para extensionistas*. Manual Técnico No. 18. (CATIE). 56p.
- Borel, R.** 1987. Interactions in agroforestry systems: man-tree-crop-animal. In: J. Beer; H.W. Fassbender y J. Heuveldop (eds.). *Advances in Agroforestry Research. Proceedings*. CATIE. pp105-138.
- Borel, R.** 1993. Diseño y manejo de los sistemas silvopastoriles. Trabajo presentado en el Taller Internacional sobre «Tecnologías Agroforestales: Diseño y Manejo». Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Autónoma de Chapingo, Mexico. 23p.
- Botero, R.** 1988. Los árboles forrajeros como fuente de proteína para la producción animal en el trópico. En: *Memorias del Seminario-Taller sobre Sistemas Intensivos para la Producción animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales*. CIPAV, Cali, Colombia. Tomo I. pp 76-96.
- Botero, R. y Preston. T.R.** 1989. El uso de la caña de azúcar para el engorde intensivo del ganado. *Carta Ganadera. Colombia*. 26(6):44-48.
- Botero, R.** 1992. Estrategias para la alimentación de rumiantes con forrajes tropicales en sistemas de producción sostenible. En: *Memorias del foro sobre «Estrategias para la Producción Animal en el Proceso de Integración Colombo-Venezolana»*. Asociación Venezolana de Producción Animal (AVPA), Universidad Nacional Experimental del Táchira y Universidad Francisco de Paula Santander. San Cristobal, Venezuela. 18p.

- Botero, R.** 1993. Papel de las especies forrajeras tropicales en la conservación y recuperación de suelos ácidos de ladera. *Industria y Producción Agropecuaria, Colombia* 1(4):14-23.
- Botero, R.** 1995. Tecnologías básicas para una ganadería sostenible. *Carta Ganadera, Colombia* 32(6):24-29.
- Botero, R.** 1996. *Fertilización racional y renovación de pasturas mejoradas en suelos ácidos tropicales*. Documento Interno. EARTH, Las Mercedes de Guácimo, Costa Rica. 21p.
- Bronstein, G.** 1983. Los árboles en la producción de pastos. En: L. Babbar (comp.). *Curso Corto Intensivo sobre Prácticas Agroforestales con énfasis en la Medición y Evaluación de Parámetros Biológicos y Socio-Económicos*. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Mimeo, p.d.
- Budowski, G. & Russo, R.O.** 1993. Live fence posts in Costa Rica: a compilation of the farmers beliefs and technologies. *Journal of Sustainable Agriculture* 3(2):65-87.
- Camero, L.A.** 1994. Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. *Agroforestería en las Américas* 1(1):6-8.
- CATIE** 1986. *Final Project Technical Report: Erythrina spp.* (Phase I: 3-p-82-0015). CATIE, Turrialba, Costa Rica. 182p.
- CATIE.** 1991. Sistemas Silvopastoriles para el Trópico Húmedo Bajo. En: *II Informe Anual. Fase II. Proyecto CATIE/MAG/IDA/CIID*. Turrialba, Costa Rica, CATIE: pp78-84.
- CIAT.** 1995. *Informe Bianual 1994-1995. Programa de Forrajes Tropicales*. Documento de Trabajo No. 153. Cali, Colombia. p8-3.
- Combe, J. & Budowski, G.** 1979. Classification of agroforestry techniques: a literature review. In: G. de las Salas (ed.). *Workshop Agroforestry. Systems in Latin America*. Turrialba, Costa Rica. UNU/CATIE: pp 17-47.
- Cuéllar, P., Rodríguez, Lylian y Preston, T.R.** 1992. Uso del pízamo (*Erythrina fusca*) como suplemento protéico en dietas de tallo de caña prensado para terneras de levante. *Livestock Research for Rural Development*, 4(1):1-10.
- Daccaret, M. y Blydenstein, J.** 1968. La influencia de árboles leguminosos y no leguminosos sobre el forraje que crece bajo ellos. *Revista Turrialba*. 18(4):405-408.
- De Alba, J.** 1959. Influencia del clima y la calidad de los forrajes en su consumo. *Revista Turrialba* 9(3):79-84.
- Galindo, W.F., Rosales, M., Murgueitio, E. y Larrahondo, J.** 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de Guamo, Nacedero y Matarratón. *Livestock Research for Rural Development* 1(1):1-7.
- Gómez, María Elena, Rodríguez, Lylian, Murgueitio, E., Ríos, Clara, Molina C., C.H., Molina, C.H., Molina, E. y Molina, J.P.** 1995. *Arboles y Arbustos Forrajeros Utilizados en Alimentación Animal como Fuente Proteica*. CIPAV.
- Hutton, E.M.** 1995. Very acid soil constraints for tree legumes like leucaena and selection and breeding to overcome them. In: *Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils"*. Evans, D.O. and L.T. Szott (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA) and (CATIE). Costa Rica. pp258-271.

- Kass, D.L. 1994. *Erythrina* Species - Pantropical multipurpose tree legumes. In: *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. R.C. Gutteridge and H.M. Shelton. (eds.). Wallingford, UK. CAB International: pp84-96.
- Lascano, C.E., Maass, B. & Keller-grein, G. 1995. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. In: *Proceedings of the Workshop "Nitrogen Fixing Trees for Acid Soils"*. Evans, D.O. and L.T. Szott (eds.). Nitrogen Fixing Tree Association (CATIE). Turrialba, Costa Rica. pp228-236.
- Leng, R.A. 1988. Limitaciones metabólicas en la utilización de la caña de azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. En: *Memorias del Seminario-Taller sobre Sistemas Intensivos para la Producción Animal y de Energía Renovable con Recursos Tropicales*. CIPAV. Cali, Colombia. Tomo II. pp 1-24.
- Molina C., C.H., Molina, C.H., Molina, E.J. y Molina, J.P. 1993. *Evaluaciones realizadas en la intensificación del sistema de doble propósito en la Granja El Hatico*. Cerrito, Valle del Cauca, Colombia. 19p.
- Molina C, C.H., Molina, C.H., Molina, E.J. y Molina, J.P. 1996. Experiencias en desarrollo agropecuario sostenible: Granja El Hatico, Valle del Cauca, Colombia. En: *Memorias del Seminario-Taller Internacional de «Experiencias sobre Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Forestal en el Trópico»*. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Santa Clara de San Carlos, Costa Rica. 17p.
- Montagnini, F. 1992. *Sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos*. 2 ed. San José, Costa Rica. Organización para Estudios Tropicales. 622 p.
- Nair, P.K.R. 1985. *Classification of agroforestry systems*. Working paper no. 28. Nairobi, Kenya. ICRAF. 52p.
- Nair, P.K.R. 1989. Classification of agroforestry systems. In: P.K.R. Nair (ed.). *Agroforestry systems in the tropics*. Dordrecht, The Netherland. Kluwer Academic Press/ICRAF. pp 39-52.
- Pinney, A. 1989. Studying the single tree. *Agroforestry Today*. 1(3):4-6.
- Preston, T.R. y Leng R.A. 1989. *Ajustando los sistemas de producción pecuaria a los recursos disponibles: aspectos básicos y aplicados del nuevo enfoque sobre la nutrición de rumiantes en el trópico*. Condit. Cali, Colombia. 312p.
- Ramírez, L.M. 1991. *Evaluación a nivel de finca de pasturas mejoradas de Brachiaria decumbens, puras o asociadas con Centrosema acutifolium CIAT 5568, y de su efecto sobre la producción animal con ganado de doble propósito*. Trabajo de Investigación para Promoción. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. 173p.
- Rodríguez, L. y Cuéllar, P. 1993. *Evaluación de la Hacienda Arizona como un sistema integrado de producción animal sostenible*. Documento Interno. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Cali, Colombia. 76p.
- Rodríguez, R.A. 1984. *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 siembra y frecuencia de poda del poró*. Tesis M.Sc., UCR-CATIE, Turrialba, Costa Rica. 96p.
- Ruiz, M.E. 1983. Avances en la investigación de sistemas silvopastoriles. In: L. Babbar (comp.). *Curso Corto Intensivo Prácticas Agroforestales con énfasis en la Medición y Evaluación de Parámetros Biológicos y Socio-Económicos*. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Mimeo, p.d.

- Russo, R.O. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* 10: 241-252.
- Russo, R.O. & Botero, R. 1996a. Nitrogen fixing trees for animal production on acid soils. In: Powell, M.H. (ed.). *Nitrogen fixing trees for acid soils: a field manual*. Nitrogen Fixing Tree Association (NFTA). Morrilton, Arkansas. pp 31-39.
- Russo, R.O. y Botero, R. 1996b. El sistema silvopastoril Laurel-Braquiaria como una opción para recuperar pastizales degradados en el trópico húmedo de Costa Rica. En: *Memorias del I Congreso Agropecuario y Forestal de la Región Heter Atlántica*. Guápiles, Costa Rica. 4p.
- Shelton, H.M. & Brewbaker, J.L. 1984. *Leucaena leucocephala* the most widely used forage tree legume. In: *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. R. C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds.). Wallingford, UK. CAB International: pp15-29.
- Simmons, A.J. & Stewards, J.L. 1994. *Gliricidia sepium* a multipurpose forage tree legume. In: R.C. Gutteridge and H.M. Shelton (eds.). *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. Wallingford, UK. CAB International: pp 30-48.
- Torres, F. 1983. Role of woody perennials in animal agroforestry. *Agroforestry systems*. 1:131-168.
- Vera, R.R., Sanz, J.I., Hoyos, P., Molina, D. Sanint, L.R., Rivera, M. Botero, R. y Cadavid, J.V. 1993. Sistemas agropastoriles para las sabanas de suelos ácidos de Colombia. En: *Memorias XIII Reunión Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA)*. *Ciencia e Investigación Agraria*. Santiago, Chile. 20(2):8.

COMENTARIOS

Omar Daniel:

Hago un breve comentario a la excelente revisión de Botero y Russo. En el punto VI, los autores dan la impresión que van a hablar de las ventajas y desventajas de los sistemas agroforestales, sin embargo lo que se incluye está relacionado solamente con los sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles. En este punto, mencionan desventajas citadas por la literatura, que no me parecen desventajas de los sistemas. Veamos: el hecho que los productores no estén acostumbrados a trabajar en áreas con la presencia de árboles no es una desventaja del sistema. En ese caso lo que me parece desventaja es la mayor dificultad de trabajo en extensión rural; en cuanto a la competencia entre plantas herbáceas y árboles, tampoco me parece una desventaja del sistema, ya que es posible encontrar densidades arbóreas adecuadas, y plantas herbáceas adecuadas a la presencia de los árboles; las dificultades de cosecha o mecanización son el mismo caso anterior; con espaciamiento adecuado estas tareas no serían afectadas; la dificultad de conseguir semillas tampoco me parece que sea una desventaja del sistema; una mayor divulgación finalmente llevará a un mayor interés en producirlas. Por lo tanto, los puntos citados me parece que no son realmente desventajas, más si algunos inconvenientes que deben ser superados por los productores interesados en esos sistemas. Tales dificultades pueden ser superadas con investigación y buena asistencia técnica. Si fueran desventajas, no pudieran ser superadas. Pienso que las desventajas son comparativas. Por ejemplo, si comparamos un sistema silvopastoril con un sistema tradicional pecuario, verificaremos que en el primer caso: utilizaremos más mano de obra, que puede ser fácil o difícil de ser contratada, dependiendo de la región, elevando costos. Estoy de acuerdo que se deba realizar en esta conferencia un debate más profundo de esta cuestión de las desventajas de los sistemas agroforestales que tienen como uno de sus componentes a los animales, pues no me parece, al hacer un análisis rápido, que tengan tantas desventajas realmente. Me gustaría enfatizar que no estoy de acuerdo con el concepto escrito en las primeras líneas « pueden asociarse con cultivos agrícolas (Sistema Agroforestal)». Tanto los sistemas agrosilvopastoriles, como los sistemas silvopastoriles, o la agrosilvicultura, son subsistemas de los Sistemas Agroforestales. Por

tanto, tendría más sentido el haber escrito: «.. pueden asociarse con cultivos agrícolas (Agrosilvicultura o sistemas agrosilvoculturales).

Roberto Sánchez, Jatnel Alonso, Gustavo Febles y Tomás E. Ruiz:

La conferencia brinda una compilación muy valiosa acerca de la utilización de los árboles específicamente para suelos ácidos. No compartimos el criterio de que las líneas o surcos de especies leñosas deben plantarse en dirección al recorrido del sol ya que esta disposición no favorece la proyección de la sombra sobre el pasto que es beneficiosa para el mismo. No obstante, creemos que este aspecto necesita de más investigación. Cualquier información al respecto sería útil. Consideramos que es cierto que la siembra de cercas vivas mediante semilla botánica ofrece un conjunto de beneficios biológicos y agronómicos, sin embargo la demora en el establecimiento de las mismas es mayor que en la siembra mediante estacas. Además es más costoso debido a las labores de limpieza que hay que efectuar en este período. Es también cuestionable la imposición de una barrera para proteger la cerca con especies no útiles por el animal lo que implica más trabajo y la posible diseminación de estas plantas en caso de que se mantengan. Sí coincidimos en la siembra de especies para cercas mediante bolsas que permitan un desarrollo adecuado de la raíz pivotante. La información del beneficio del picado y oreo de forraje de arbóreas además de otros suplementos para mejorar la utilización de la proteína a nivel intestinal de los mismos es un tema novedoso y merece considerarse y profundizarse. Hemos realizado pruebas preliminares donde se detecta que evidentemente algunas especies de árboles forrajeros son más aceptadas por el ganado cuando se cortan y se suministra premarchitadas pero no disponemos de datos concretos que indiquen que este efecto se puede favorecer con la edición del suplemento como la melaza y otros. Cuando se hace referencia a los bancos de forrajes como aquellas áreas en la que se establece árboles fijadores de nitrógeno que tienen como estrato inferior a algunas gramíneas que se favorecen por la fijación del nitrógeno de los árboles nos es imposible no comentar las experiencias de nuestro instituto en este sentido. Desde el año 1979 se viene desarrollando en el ICA una serie de estudios referidos a lo que nosotros denominamos bancos de proteína, que no es más que el establecimiento de *Leucaena leucocephala* (pudiera ser cualquier árbol fijador de nitrógeno) en una determinada área de la finca con una distancia de plantación de 3m entre doble surcos separados a

75cm y una distancia entre plantas de 50cm. Estas áreas se utilizan para pastoreo con libre acceso para la ceba y con acceso restringido para la producción de leche. Los resultados obtenidos durante todos estos años referido a la producción de pastos y la Leucaena, es reciclado de nutrientes y la producción de leche y carne serán expuestas de forma detallada en la conferencia. Otras informaciones acerca de la orientación del surco también serán incluidas en dicha conferencia.

Comentarios Generales

Gustavo Febles y Tomás Ruiz:

Estudio de los sistemas agroforestales vinculados con la producción agropecuaria desarrollados por el Instituto de Ciencia Animal en Cuba. Los primeros trabajos de investigación relacionados con la implementación de los sistemas agroforestales en la producción agropecuaria tuvieron su inicio en el Instituto de Ciencia Animal en Cuba alrededor del año 1979. Durante esta etapa el trabajo se relacionó primeramente con la producción de leche y posteriormente con la de carne sin descuidar todo lo que se trataba con la agrotecnia y manejo durante el establecimiento empleando *Leucaena leucocephala* como árbol multipropósito. El objetivo fundamental de estas investigaciones era la sustitución de los concentrados de importación por el pastoreo directo de esta leguminosa para la producción de leche. Los resultados iniciales (Senra *et al.*, 1982) mostraron que la *Leucaena* podrá llegar a producir hasta 14,9 y 16,8kg/d en la estación seca y de lluvia respectivamente reduciendo el empleo de 4kg de concentrado comercial suministrado a vacas Holstein que pastaban pasto estrella con una carga de 3,5 animales/ha. La producción lechera con el concentrado nunca fue superior a 15kg/d. A partir de este momento los trabajos se han ido intensificando incluyendo los relacionados con la producción de carne, agronomía, establecimiento y manejo del pastizal, reciclaje de nutrientes, estudio de la hojarasca, composición de la leche, suplementación, alimentación de hembras en desarrollo entre otros. Todo este trabajo ha propiciado la conformación de diversas tecnologías que han sido aplicadas en condiciones prácticas tanto a nivel nacional como en el extranjero. La aplicación de estas tecnologías se basa en la suplementación de la alimentación bovina mediante el establecimiento de leguminosas arbóreas como la *Leucaena* para la formación de bancos de proteína de libre acceso (para la producción de carne) o de acceso limitado (para producir leche) en diferentes proporciones en el pastizal y que contribuye al ahorro sustancial de concentrados y minerales para la alimentación de ganado vacuno. Los resultados demostraron la importancia de estos métodos en la alimentación animal bovina en sistemas de bajos insumos (suplementos concentrados, fertilizantes y riego). Por otro lado, la indiscriminada tala

de los bosques desde la época de la colonia redujo la superficie de los mismos considerablemente. Actualmente se ha implantado la política oficial dirigida al cuidado de los bosques y un plan de reforestación masiva de 2 500 millones de árboles maderables, frutales y de otro tipo hasta 1999. Además, las áreas dedicadas a la ganadería también han sufrido una drástica reducción de sus arboledas por efecto de la tala, la quema y el empleo de postes de cemento o madera seca en sus cercados que ha traído como consecuencia la reducción de las áreas de sombra natural, cercas de postes vivos, así como reducciones en posibles fuentes de alimentos para el ganado. De aquí que más recientemente se ha incursionado en el estudio de otras leguminosas arbóreas para diferentes propósitos productivos bajo las condiciones cubanas como sombra, cercas vivas y alimentación animal bovina. Los trabajos han mostrado la importancia de géneros como *Albizia*, *Enterolobium*, *Bauhinia*, *Erythrina*, *Acacia Moringa*, *Colvillea*, *Peltophorum*, *Gliricidia*, *Lysiloma*, *Azadinachita*, *Gmelina* y otros. Se han realizado estudios agronómicos que han incluido como tema central las causas de la poca sobrevivencia de las siembras en bolsas. Otro aspecto esencial de estudio ha sido acerca de la implantación de sistemas silvopastoriles donde se han abordado varias modalidades. La acción futura debe estar dirigida a llevar también la ganadería al bosque para un mayor aprovechamiento de los recursos naturales disponibles. La integración de la actividad forestal en el sistema productivo agropecuario es el pilar de la estrategia futura. La vinculación entre la silvicultura, los cultivos y la ganadería es esencial, así como su objetivo debe estar dirigido a estimular acciones forestales que apoyen una agricultura estable. Todo este programa debe valorarse en el contexto de una creciente presión poblacional en los países latinoamericanos, con una tendencia a la incorporación de nuevas tierras a la producción alimenticia de manera que sea un proceso ordenado y de acuerdo con una política planificada, donde el objetivo final sea para el beneficio del hombre y la conservación de la naturaleza.

Senra, A., Ruiz, T.E.; Funes, F. y Muñoz, E. 1982. Sustitución de concentrado por forraje de *Leucaena* para la producción de leche. Informe Interno. Instituto de Ciencia Animal, Cuba.

María Cristina Polla

Creo, que estamos todos de acuerdo, en que los sistemas agroforestales, en su conjunto, constituyen una alternativa muy válida para hacer realidad

la producción sostenida y el manejo sustentable de todos los recursos naturales renovables involucrados. Su potencial, en este sentido, quizá este muy por encima de lo que hoy nos es verdaderamente tangible; siempre y cuando, logremos elegir las especies vegetales y animales más adecuadas, su combinación óptima y un manejo tal, del sistema y sus componentes, que nos permita ir alcanzando los objetivos preestablecidos y a la vez ir monitoreando las interacciones y evolución del sistema (o unidad productiva, predio, parcela, etc.). Incluso convendría definir e implementar, para luego medir, parámetros o indicadores de los índices de sustentabilidad, adecuados a los sistemas y prácticas silvopastoriles y agrosilvopastoriles. Estos índices ya se manejan en varios países y Uruguay ha comenzado a transitar por este camino, ya que está participando del «Proceso Montreal». Evidentemente, estas consideraciones nos obligan a reafirmar que, la investigación agroforestal y en especial la que apunta a los sistemas silvopastoriles y a la interacción entre sus componentes debe tener toda la prioridad que, nuestros esfuerzos y acción conjunta, puedan ser capaces de poner en marcha. Debemos considerar, la posibilidad de elaborar e implementar un Plan de Investigación y Validación Regional (para sistemas agroforestales con producción animal) definido globalmente según los agroecosistemas de las regiones, como expresan Burley y Speedy. La estrategia, podría ser la implementación dentro de la Red de Sistemas Agroforestales de otra red interactiva más específica, sobre Casos, Ensayos y Unidades Demostrativas, o Grupos de Trabajo Silvopastoril que permitan realizar estudios conjuntos, validar y quizá uniformizar metodologías regionales e intercambiar experiencias y modelos válidos para las distintas zonas y/o áreas agroclimáticas. Sin duda, esto nos ayudaría y contribuiría al proceso de investigación y validación de resultados con mayor rapidez y peso; lo que a su vez nos daría una mejor oportunidad para convencer a los muchos actores de las bondades, ventajas, beneficios y potencial de los sistemas silvopastoriles y otros con producción animal, como mencionó el Dr. Sánchez. El silvopastoreo es en Uruguay un sistema productivo mixto, diversificado que se desarrolla con mucho impulso, debido a:

- su compatibilidad con los muy tradicionales sistemas de producción ganadera en su mayoría extensiva;
- condiciones agroecológicas muy favorables;
- excelentes condiciones naturales;

- la presencia histórica del árbol, o del monte, en su rol de servicio brindando abrigo y sombra para los animales;
- excelentes suelos forestales declarados de prioridad forestal por la Ley Forestal, y
- la promoción, estímulos y beneficios a la actividad forestal.

Estos, en forma indirecta favorecen el desarrollo del silvopastoreo estimulando al productor esencialmente ganadero a integrar especies forestales en su unidad productiva. A su vez, el nuevo productor forestal no puede ignorar o pasar por alto la posibilidad de aprovechar la pastura natural existente (que mejora en permanencia y calidad bajo el monte) en su unidad forestada. Si bien, el 90% del uso del suelo en Uruguay está dedicado a la producción pecuaria sobre praderas naturales y apenas el 5% está dedicado a las plantaciones forestales, hoy a un ritmo de plantación forestal de unas 40 000 ha anuales con especies tales como *Eucalyptus* (80%), *Pinus*, Salicáceas y otras (20%). El pastoreo se realiza en el 95% de esas hectáreas plantadas y principalmente, sobre pasturas naturales. Habitualmente, se baja el tapiz con una carga animal muy alta, previo al laboreo del suelo para la plantación forestal y luego el pastoreo se reinicia dentro del primer año de vida de la plantación, o entre el primer y el segundo año; pudiendo continuar hasta el turno final del bosque, según el manejo dado al sistema. La fuente alimenticia del ganado es, la pastura natural, pasturas mejoradas y/o pasturas artificiales bajo monte y/o en franjas pastoriles y cortafuegos; según el diseño del sistema productivo o de la plantación forestal. Sobre esta realidad, estamos trabajando, con un Plan Tutor Global: «Estudios Agroforestales para el Uruguay», que define las varias etapas del proceso de diagnóstico, estudio, análisis, evaluación y diseño de los sistemas agroforestales y en este marco, fueron luego definidos varios proyectos (más específicos), que son los siguientes:

- Diagnóstico de Sistemas Agroforestales: relevamiento y estudio de los sistemas agroforestales.
- Ensayos Prediales de Silvopastoreo: toma de datos de valores físicos productivos.
- Análisis Técnico-Económicos de Sistemas Silvopastoriles: en diferentes zonas del país.
- Parcelas o Predios Demostrativas de Silvopastoreo: por el cual se van a monitorear e implementar Unidades Demostrativas o de Referencia,

de las cuales por lo menos una de ellas será replicada en Chile (Convenio División Forestal Uruguay-CONAF-Chile).

Actualmente, los productores rurales vienen manejando todos los parámetros y componentes de este tipo de sistemas, con algunas dificultades, pero al mismo tiempo con grandes ventajas, produciendo carne, lana y madera (para pulpa, aserrío, postes, piques, leña, y otros.); obteniendo ingresos a corto, mediano y largo plazo. En cuanto a un aspecto sanitario general, el silvopastoreo, puede considerarse como un **sistema productivo de pastura segura**, desde un punto de vista parasitario para el componente animal, si se cumplen algunas condiciones establecidas a priori (comunicación personal de los Dr. Nari *et al.*). Es perfectamente tangible en Uruguay, el notorio aumento en la utilización de mano de obra permanente que se viene dando en forma sostenida en la actividad forestal y agroforestal, especialmente en la silvopastoril en contraposición a la que es utilizada en los sistemas productivos exclusivamente pecuarios, principalmente de ganadería extensiva. Si bien las ventajas, son de gran relevancia, todavía nos queda un largo camino por recorrer, para conocer en profundidad datos cuantitativos y cualitativos respecto de estos sistemas productivos, en sus diferentes alternativas de diseño espacial y/o temporal, las interacciones entre árbol-animal-pastura y las influencias sobre el suelo y el medio ambiente. En resumen, quiero destacar, la gran potencialidad que el silvopastoreo tiene en zonas templadas y por ende en el Uruguay y la proyección futura que seguramente alcanzará en los planos económico y social, en el manejo sustentable forestal y de los recursos naturales renovables, así como en la preservación del medio ambiente. Sería deseable, unir nuestros esfuerzos de manera tal, que las prioridades y realidades de cada uno de nuestros países sean reconocidas y reciban el apoyo de todos.

Mezclas de forrajes: uso de la diversidad forrajera tropical en sistemas agroforestales

Mauricio Rosales Méndez

Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

SUMMARY

The tropical zone contains the greatest genetic diversity of vascular plants per unit area in the world. Fodder trees and shrubs have always played a significant role in feeding domestic animals. However, despite the number of species with fodder potential (> 300), the emphasis has been placed on very few. The conventional approach is to study and exploit "single" species. The reality is that in many parts of the tropical world, animals consume mixtures of tree leaves. Plants contain more than 1,200 different secondary metabolic compounds. Fodder trees are chemically complex feedstuffs with potential for many interactive processes in the animal. The interplay at the digestive level, of nutrients and secondary plant compounds, can have important impact on animal productivity. This is known as an associative effect, which occurs when the nutritional value of a mixture of forages can not be predicted from the individual components. Given the diversity of fodder trees and their complex chemistry, there is the opportunity to develop feeding strategies based on mixtures that result in an "added" nutritive value. This can be achieved by capitalizing on the interactive processes such as: protecting dietary protein with natural tannins, diluting the effects of deleterious compounds, inducing associative effects that result in an increased voluntary intake and inducing associative effects on digestibility of the mixed diet. Agroforestry systems can be also based on mixtures of different plant species. Due to the diversity of fodder trees there is a potential to develop feeding systems based on mixtures which make better use of the available resources. This will also contribute to improved

efficiency in the management and use of natural resources and take advantage of the natural plant diversity in the tropics.

INTRODUCCIÓN

La zona tropical contiene la mayor diversidad genética en el mundo, expresada en el gran número de plantas vasculares por unidad de área. Sin embargo, a pesar de esta riqueza, los modelos de alimentación animal se han basado principalmente en el uso de muy pocas especies vegetales. Esto cobra mayor vigencia en el caso de los árboles y arbustos forrajeros. Una revisión de los sistemas alimenticios utilizados en climas cálidos sugiere que la sostenibilidad del sistema depende en parte, de hacer uso de los diferentes recursos biológicos locales (Roggero *et al.*, 1996). Este concepto hace un llamado a un uso más amplio de la diversidad de especies arbóreas como proveedores de forraje para el animal. A pesar del hecho que la lista de árboles y arbustos con uso potencial como forraje abarca más de 300 especies, el énfasis se ha dado a muy pocas especies. El peligro de esta sobre-dependencia en tan pocas especies ha sido ilustrado por la epidemia mundial de *Heteropsylla cubana* en *Leucaena leucocephala* y por la desaparición de valiosas especies locales para forraje (e.g., *Terminalia avicennioides*) en Níger, debido a su reemplazo con *Gliricidia sepium*. Dada la diversidad de árboles y arbustos forrajeros, existe la necesidad urgente de estudiar y recomendar especies prometedoras para entornos agro-ecológicos específicos y sistemas de producción pecuaria tanto en función de productividad de biomasa como de su valor nutritivo. Una estrategia para incrementar el uso de la diversidad de árboles y arbustos forrajeros es la utilización de mezclas de forrajes.

DIVERSIDAD DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS

Se ha documentado una gran diversidad de árboles y arbustos forrajeros. Blair (1990) presentó una lista de árboles y arbustos con un valor potencial como forrajes para animales. Este compendio incluyó 270 diferentes especies de cerca de 74 géneros. Sin embargo, producir un inventario completo es una tarea compleja debido principalmente a la gran diversidad que existe dentro de género y dentro de especies. Por ejemplo, Lowry *et al.* (1994) reportaron cerca de 100 especies del género

Albizia y Kass (1994) reportó cerca de 112 especies del género *Erythrina*. La diversidad dentro de especies se ilustra por las 26 accesiones de *Aeschynomene americana* y las 96 accesiones de *Cajanus cajan* que el ILCA (1985) listó en su catálogo de germoplasma forrajero.

Las distintas taxa de un género o las accesiones de una especie pueden presentar diferencias en su valor nutricional. Stewart y Dunson (comunicación personal, 1997) estudiaron el valor nutricional de 22 taxa y 5 híbridos inter-específicos de *Leucaena* encontrando diferencias altamente significativas tanto en su composición química como en su palatabilidad. Un estudio de 26 procedencias de *Gliricidia sepium* (Dunson y Simons, 1996) mostró diferencias estadísticamente significativas en consumo voluntario entre procedencias. En el caso de *Trichanthera gigantea* se han identificado 20 procedencias genéticamente diferentes por el método de isoenzimas (Ríos, 1994). Resultados preliminares sugieren que existen diferencias en su valor nutricional (Rosales, 1997). La diversidad dentro de especies y su importancia en el valor nutricional se discutirá en un próximo artículo en esta conferencia.

Continuamente se reportan los resultados de la evaluación de nuevas especies forrajeras de árboles y arbustos: 16 especies de las Filipinas (Moog, 1992) y 20 de Colombia (Rosales *et al.*, 1992). En este último país, el CIPAV ha adelantado la identificación inicial de especies forrajeras promisorias para diferentes ecosistemas tropicales. En el caso de agroecosistemas de montaña se han reportado 12 especies forrajeras a 2,700 msnm (MDSSA, 1994), 20 más entre 2 700 y 3 000 m (Espinel, 1997). En otro estudio se encontraron 22 especies de 14 géneros con potencial de uso forrajero en 3 agroecosistemas: bosque húmedo premontano, bosque seco tropical y bosque húmedo tropical (Vargas, 1994).

Los inventarios por país muestran también la gran diversidad de especies: 45 de Costa Rica, 40 de Guatemala, (Benavides, 1994), 85 especies de Guatemala según Blomme (1994) y 45 especies de Nicaragua (Durr, 1992). Aunque la lista final de árboles y arbustos forrajeros para los trópicos pudiera estar conformada por cientos de especies, para la mayoría de ellas no se conoce una información cuantitativa de su contribución a la producción animal. El valor real como alimento se conoce sólo para un limitado grupo de especies. Esto refleja la falta de conocimiento del valor nutritivo de la mayoría de árboles y arbustos forrajeros y destaca la necesidad de evaluar estos materiales. Una forma

eficiente de hacer un uso más amplio de la diversidad de especies arbóreas como proveedores de forraje para el animal es utilizar mezclas de forrajes.

MEZCLAS DE FORRAJES

Los árboles forrajeros han jugado siempre un papel significativo en la alimentación de animales domésticos. Hasta relativamente hace poco, estos recursos alimenticios habían sido generalmente ignorados por científicos debido al conocimiento inadecuado de su uso potencial y a la carencia de iniciativas para desarrollar sistemas alimenticios más innovadores. El enfoque convencional para los árboles forrajeros es estudiar y promover especies **en forma individual**, cuando la realidad es que, en muchas partes del mundo tropical, los animales comen o son alimentados con **mezclas** de distintos follajes arbóreos.

Los rumiantes (especialmente cabras) cuando se les deja ramonear *ad libitum* prefieren una dieta variada. Los ensayos de **cafetería** han sido usados ampliamente para determinar las diferencias de palatabilidad relativa dentro de diferentes especies arbóreas. Aparte de mostrar las preferencias del animal por una especie forrajera en particular, también demuestran que, dada la oportunidad, los rumiantes se alimentarán con **mezclas** de forrajes. En Libia, Le Houérou (1991) evaluó el consumo en ovejas de 9 especies arbustivas entre nativas e introducidas, ofrecidas ya fueran solas o en una mezcla. Los resultados demostraron que el consumo de arbustos mezclados era más alto que aquel de las especies individuales.

Los campesinos en muchas partes del mundo suministran mezclas de hojas de árboles forrajeros a sus animales como un suplemento o como la ración entera (Paudel y Tiwari, 1992; Rangkuti *et al.*, 1990; Devendra y Li Pun, 1990; Gill y Powell, 1993). El uso de mezclas asegura un suministro más diverso de forrajes y por lo tanto reduce el riesgo de dependencia en una sola especie vegetal. De acuerdo con Cooper (1992), los campesinos usan la diversidad genética como una forma de «seguro sobre el cultivo», pues en ambientes marginales, la uniformidad puede llevar al fracaso total de un cultivo en circunstancias difíciles, mientras que cultivar una mezcla de diferentes especies significa que una parte del cultivo logrará sobrevivir a pesar del mal tiempo, las pestes o enfermedades.

En Nepal, India e Indonesia, los campesinos alimentan tradicionalmente sus animales con una mezcla de hojas de árboles forrajeros. Esta práctica ha sido observada a través de otros países tropicales, especialmente en pequeños rumiantes. Existe poca información publicada acerca de las razones por las cuales los campesinos alimentan con mezclas y la elección de las mezclas apropiadas se encuentra actualmente en el conocimiento tradicional. Un trabajo realizado en Nepal (Rusten, 1989), mostró que los campesinos clasificaban los forrajes como **obhano** (forrajes que tienden a llenar el estómago del animal) y **chiso** (forrajes que no satisfacen completamente el apetito del animal y tienden a producir estiércol acuoso). De acuerdo con el trabajo, la caracterización del follaje como chiso o obhano no era crucial para determinar su valor como forraje. Esto era sólo un atributo entre otros a tener en cuenta, pero su importancia clave radicaba en la determinación de la mezcla de forrajes a suministrar. Los campesinos preferían alimentar sus animales con una mezcla de «algo de chiso y más bien un poco más de obhano», ya que esto se consideraba óptimo para la salud animal. Para los campesinos Suri de Nepal, «el valor nutricional de cualquier especie forrajera está determinado, al menos parcialmente, por el tipo de animal que la consume, la época del año y la mezcla en la cual se suministra» (Carter, 1992). Este último concepto no es tenido en cuenta en la nutrición clásica. Poco se conoce acerca de los niveles óptimos en la dieta de árboles y arbustos forrajeros (especialmente aquellos con factores antinutricionales), acerca de cómo reducir la incidencia de estos factores, ni acerca de las mezclas ideales en sistemas de alimentación para rumiantes (Devendra, 1993).

Desde el punto de vista científico, el mayor valor nutricional de la combinación de especies comparado con aquel obtenido con las especies ofrecidas individualmente puede explicarse por razones asociadas con la reducción de los efectos tóxicos de un forraje en particular, con efectos sinérgicos a nivel digestivo de los componentes de la mezcla o con un incremento en la variedad y palatabilidad de la dieta. Estas interpretaciones destacan tres aspectos importantes del valor nutritivo de las mezclas de árboles forrajeros: los factores antinutricionales, los efectos asociativos en digestibilidad y los efectos asociativos en consumo voluntario.

Factores antinutricionales en mezclas de forraje arbóreo

La diversidad bioquímica en plantas es enorme. Existen más de 1 200 clases de compuestos químicos del metabolismo secundario de las plantas. Estos compuestos tienen funciones de almacenamiento, defensa o reproducción. Se han reportado cerca de 8 000 polifenoles, 270 amino ácidos no-proteicos, 32 cianógenos, 10 000 alcaloides y varias saponinas y esteroides. Los taninos son los compuestos secundarios vegetales más comunes, pero sus consecuencias en la alimentación animal no son totalmente claras, con efectos posibles tanto dañinos como beneficiosos. Su mayor característica es la propensión para formar complejos químicos no solamente con proteínas sino también con muchos otros compuestos como polisacáridos, ácidos nucleicos, esteroides, alcaloides y saponinas.

Los campesinos del sureste de Asia contrarrestan y reducen los problemas de toxicidad mediante el uso de mezclas de hojas de árboles forrajeros frescas y secas al sol. Este proceso no solo extiende la oferta de alimentos disponibles sino que también diluye los problemas de palatabilidad y efectos colaterales (Devendra, 1993).

Los compuestos del metabolismo secundario de las plantas presentes en árboles forrajeros, pueden utilizarse para mejorar la eficiencia de utilización del alimento a través de una mezcla de follajes. El efecto de los taninos condensados puede contrarrestarse completamente con la adición de polyetilen glicol (PEG) en la dieta. Lowry (1990) ha sugerido que compuestos inertes con capacidad de formar complejos con taninos pueden presentarse en forma natural en el follaje de árboles y arbustos (reduciendo así el efecto de los taninos) y que existe la posibilidad de interacción entre taninos y análogos naturales de PEG, cuando las dos especies se suministran en forma conjunta.

También se ha sugerido que utilizando plantas forrajeras con niveles altos de taninos mezcladas con especies altas en nitrógeno soluble, se mejora el uso de nitrógeno por rumiantes, reduciendo la degradación de proteína soluble en el rumen y diluyendo el efecto de los compuestos tóxicos (Barry y Duncan, 1984). Debido a la propiedad de formar complejos con proteína a pH neutro y liberarla a un pH bajo, los taninos se pueden usar para reducir la magnitud de la degradación de proteína soluble en el rumen y de esta forma incrementar la cantidad del flujo de nitrógeno no-amoniacal hacia el intestino delgado (Lascano y Palacios, 1993). Este concepto se ha venido probado en el CIAT mediante el uso de las leguminosas *Cratylia argentea* (libre de taninos) y *Flemingia*

macrophylla (con 25,1g de taninos condensados por kg/MS). Fäsler (1993) midió el consumo, la digestibilidad y la retención de nitrógeno en ovejas alimentadas con un pasto de baja calidad (*Brachiaria distachyoneura*) sólo, pasto de baja calidad (60%) suplementado con *Cratylia argentea* sola (40%) o en una mezcla con *F. macrophylla* a dos niveles. Los resultados demostraron que a medida que la proporción de *F. macrophylla* se incrementó en la mezcla, hubo una excreción más grande de nitrógeno fecal y una reducción en la digestibilidad de la materia seca y de la fibra. En otro experimento, *C. argentea* reemplazada con 0, 25, 50 o 100% de *F. macrophylla* fue suministrada como un 40% de la ración total de *Brachiaria distachyoneura* a ovejas de pelo africanas (Powell, *et al.*, 1995). A medida que el consumo de *Flemingia* se incrementó, el flujo de nitrógeno duodenal (como proporción del nitrógeno ingerido) decreció. Los resultados sugirieron que el rompimiento de nitrógeno en el rumen fue inhibido por la formación de complejos no degradables de tanino-proteína, entre la proteína del alimento y los taninos solubles. También se encontró un incremento en la proporción de nitrógeno ingerido que aparecía en las heces indicando que la digestión post-ruminal del nitrógeno fue inhibida. Los autores concluyeron que, a pesar de que no se encontró beneficio en términos de la retención global de nitrógeno, los taninos pueden afectar la digestión de nitrógeno del otro alimento.

Efectos asociativos en digestibilidad

La cantidad de nutrientes que un rumiante puede extraer de un alimento puede ser modificada por el tipo y cantidad de otros alimentos consumidos el mismo día. Todos estos procesos interactivos pueden tener consecuencias sustanciales para la nutrición y producción animal. Este fenómeno es conocido como efecto asociativo. Los efectos asociativos entre componentes de una dieta mezclada ocurren cuando, como resultado de los procesos interactivos, el valor nutritivo de la mezcla no es igual a la suma de sus componentes individuales. Estos efectos pueden ser positivos o negativos (cuando existe sinergismo o antagonismo entre los componentes de la mezcla).

Los efectos asociativos se han evidenciado desde comienzos del siglo y aunque se han estudiado, existe poca información concerniente a su modo de acción. La mayoría de los estudios dirigidos a comprender el modo de acción de los efectos asociativos se relacionan con el efecto de una fuente de carbohidratos rápidamente fermentables (como cebada o

ensilaje de maíz) en la digestión del forraje. Existen algunos estudios del efecto de mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales. Estudios del valor nutricional de mezclas de follaje arbóreo, se realizaron con el fin de entender los factores que determinan sus efectos asociativos y las interacciones entre taninos y otros componentes del alimento (Rosales, 1996). Los resultados de este estudio *in vitro* sugieren que los efectos asociativos de mezclas de hojas de árboles forrajeros están gobernados por el grado de sincronización de las tasas de fermentación de los diferentes componentes de la mezcla y estos a su vez, dependen de la fermentabilidad de sus componentes químicos. Los resultados demostraron que existen efectos asociativos de mezclas de follaje arbóreo (ver Cuadro 1). La magnitud de los efectos asociativos encontrados en este estudio varió desde 4,4 a 18,1%. Con el conocimiento actual, es difícil predecir exactamente qué consecuencias tendría un efecto asociativo en producción animal, sin embargo, éstas podrían ser importantes. Por ejemplo, si se obtuviese el más alto efecto asociativo del 18%, esto significaría que los animales estarían recibiendo casi un quinto más de material potencialmente fermentable con la mezcla que cuando reciben los forrajes como componentes individuales. Efectos asociativos de mezclas de forrajes de similar magnitud han sido reportados tanto en la digestibilidad y consumo voluntario como en el incremento de peso.

Cuadro 1

Efectos asociativos (%) en digestibilidad de mezclas de árboles forrajeros. Las mezclas se fermentaron por 70h en dos medios contrastantes en su nivel de nitrógeno.

Medio libre de nitrógeno	Tiempo en horas			
	12	24	45	70
<i>T. gigantea</i> : <i>G. sepium</i>	18,1**	12,1***	2,9n.s	0,5n.s
<i>T. gigantea</i> : <i>E. edulis</i>	6,0n.s	9,4*	2,9n.s	1,5n.s
<i>G. sepium</i> : <i>Inga</i> sp ¹ .	15,5*	9,3**	7,5**	5,8*
Medio con 60mg de N por litro				
<i>T. gigantea</i> : <i>Inga</i> sp ¹ .	0,3n.s	6,5n.s	8,1***	7,9***
<i>T. gigantea</i> : <i>L. leucocephala</i> ¹	7,2n.s	8,2*	8,0***	6,8***
<i>T. gigantea</i> : <i>E. edulis</i>	0,0n.s	6,3n.s	4,8**	4,4***
<i>G. sepium</i> : <i>Inga</i> sp ¹ .	10,1n.s	9,4**	9,7***	9,0***
<i>Inga</i> sp ¹ : <i>L. leucocephala</i> ¹	17,8*	-6,6n.s	1,3n.s	2,9n.s
<i>L. leucocephala</i> ¹ : <i>E. edulis</i>	-1,1n.s	4,3n.s	5,2**	5,2**

¹ Plantas con contenidos de taninos. Fuente: Rosales (1996).

En el caso de árboles forrajeros, un efecto asociativo negativo a nivel ruminal, podría estar asociado a la protección de proteína de la dieta por taninos, suministrando así proteína sobrepasante. En este caso, un efecto asociativo negativo en digestibilidad puede ser positivo en términos de producción animal. En el estudio de Rosales (1996) se encontraron efectos asociativos negativos cuando se mezclaron plantas con taninos con plantas sin taninos pero altas en proteína soluble. Estos efectos fueron de gran magnitud pero estadísticamente no fueron significativos en los niveles usados. El único caso de un efecto asociativo negativo se encontró para una mezcla con ambas especies ricas en taninos. Esto indica un antagonismo de los dos forrajes en términos de fermentabilidad.

Efectos asociativos en consumo voluntario

Los efectos asociativos en digestibilidad descritos anteriormente sólo pueden expresarse en efectos positivos en producción animal, si el consumo voluntario de la mezcla se mantiene a los mismos niveles. Sin embargo, efectos asociativos también pueden encontrarse en consumo voluntario. Norton (1994) describió los resultados de experimentos realizados para comparar niveles crecientes de suplementación con follaje arbóreo en diferentes especies de rumiantes. Los datos mostraron que en todos los casos hubo efectos asociativos en consumo de materia seca entre la dieta basal y las hojas de una especie forrajera arbórea. En la misma forma se podrían esperar efectos asociativos de mezclas de hojas de árboles forrajeros. De acuerdo con Nitis *et al.*, (1990) árboles y arbustos forrajeros pueden mostrar efectos asociativos en consumo voluntario. En una evaluación de un efecto asociativo, ellos encontraron que el ganado que tuvo acceso únicamente a hojas de *Gliricidia* mostró un consumo en materia seca del 1,7 al 2,2% del peso vivo; mientras que en el ganado alimentado con hojas de *Gliricidia* mezcladas con otro follaje (en proporción 60:40), el consumo de materia seca fue del 3% del peso vivo.

Valor nutricional de las mezclas de follaje arbóreo

La información sobre el valor nutritivo y alimenticio de muchos árboles y arbustos es escasa. Existe mucha menos información sobre el valor nutritivo y alimenticio de mezclas de hojas de árboles. La mayoría de la información disponible que incluye el uso de dos o más especies forrajeras arbóreas se refiere a su valor de reemplazo. Existen sin

embargo, algunos estudios sobre mezclas de follajes de árboles que indican su potencial.

El follaje de *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus* y su mezcla (1:1) se usó para suplementar una dieta de capacho de maíz para cabras. La ganancia diaria de peso de los animales suplementados con la mezcla de *Leucaena:Calliandra* fue más grande que la de aquellos animales alimentados solamente con *Calliandra* (22,6 y 19 g). La ganancia diaria de peso de los animales suplementados con *Leucaena* sola fue la más alta de todas (28,5 g), pero el consumo de materia seca también fue mucho más grande (331,6 g/d). No existieron diferencias en el consumo de *Calliandra* (315,2 g/d) o de la mezcla (317,4 g/d). Esto sugiere que a consumos estables, la mezcla fue superior a los forrajes individuales (Phiri *et al.*, 1992).

Bosman *et al.* (1995) alimentaron cabras enanas de la raza africana occidental con *Gliricidia sepium* y una mezcla de *Gliricidia* combinada con *Leucaena leucocephala*. Las dietas ofrecidas a 7 diferentes niveles en dos experimentos variaron desde 60 a 120g MS/kg^{0,75}/d, en incrementos de 10g, en el experimento 1, y de 40 a 130g MS/kg^{0,75}/d, en incrementos de 15g en el experimento 2. Los consumos máximos de materia seca para *Gliricidia* y para la mezcla de *Gliricidia:Leucaena* fueron en el experimento 1 de 72,5 y 90 y en el experimento 2 de 55,5 y 63,4 g/kg^{0,75}/d respectivamente. En ambos experimentos las mezclas de *Gliricidia:Leucaena*, fueron más digestibles que *Gliricidia* sola, esta diferencia fue mucho más grande en el segundo experimento (10,3 vs 3,6%). La máxima ganancia de peso para *Gliricidia* fue de 2 g/kg^{0,75}/d y para la mezcla de *Gliricidia:Leucaena* fue de 8,2 g/kg^{0,75}/d obtenidas cuando se ofrecieron a los niveles de 80 y 106 g MS/kg^{0,75}/d respectivamente. Estos estudios indican que una mezcla de hojas de árboles forrajeros puede ser usada para incrementar parámetros productivos por encima de aquellos obtenidos cuando se usa una especie forrajera individual o única.

En otra investigación realizada con ovejas y cabras, que recibían *Panicum maximum* a libre acceso y diferentes niveles de una mezcla de *Leucaena:Gliricidia* como suplemento, se demostró que los niveles crecientes de la suplementación con la mezcla de las leguminosas condujeron a una disminución del consumo del pasto, un incremento en el consumo de las leguminosas y un incremento en el consumo total de materia seca (Reynolds y Adediran, 1988).

También se ha demostrado que las mezclas de hojas de árboles forrajeros tienen efectos importantes en reproducción animal. Reynolds y Adeoye (1989) reportaron que la suplementación de una dieta basal de pasto *Panicum* con una mezcla de *Leucaena leucocephala*-*Gliricidia sepium*, redujo el intervalo entre partos. Reynolds y Adediran (1988) demostraron que la suplementación de una dieta de pasto y residuos de yuca con una mezcla de *Leucaena*-*Gliricidia* resultó en un incremento significativo tanto en tasa de crecimiento de corderos como de su supervivencia a las 24 semanas.

MEZCLAS DE ARBOLES EN SISTEMAS AGROFORESTALES

Las mezclas de forrajes pueden brindar beneficios importantes al sistema productivo en general. Un cultivo de árboles mezclados puede tener ventajas sobre **monocultivos arbóreos** principalmente en términos de una mayor producción de biomasa por unidad de superficie.

Las mezclas de forrajes pueden cultivarse en diversos sistemas agroforestales tales como en silvopastoreo, bancos **mixtos** de proteína, cultivos multiestrata de forraje, sistemas integrados de producción de forraje y darse en forma espontánea, en sistemas de sucesión natural vegetal.

Nitis *et al.*, (1990) describieron un sistema multi-estrato de producción de forraje en Bali, el cual incluye pastos y leguminosas rastreras (primer estrato), arbustos y leguminosas (segundo estrato) y árboles forrajeros (tercer estrato). Este es tal vez uno de los casos más estudiados de sistemas de mezclas de forrajes arbóreos y arbustivos. El sistema multiestrato (0,25ha) produce más forraje y soporta mayor carga animal que el sistema no estratificado (0,5ha). También se ha reportado menor infestación de endoparásitos, menor erosión, mayor materia orgánica y nitrógeno en el suelo después de 5 años, mayor producción de leña, y mayores beneficios económicos en el sistema multiestrato.

El CIPAV ha realizado evaluaciones preliminares de un sistema multiestrato para producción de forraje. El sistema consta de un estrato arbóreo alto (*Inga* sp.), un estrato arbóreo intermedio (*Trichanthera gigantea*), un estrato arbustivo bajo (*Urera caracasana*). Los resultados iniciales muestran una producción de 33,4 ton de forraje verde/ha/año (7 ton en base seca) de los estratos bajo e intermedio. Esto representa 1,2 ton

de proteína en base seca. El estrato arbóreo alto produce 12,3 ton de follaje/ha/año que se aporta al sistema como hojarasca.

En silvopastoreo de pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*) y algarrobo forrajero (*Prosopis juliflora*), se ha evidenciado que se incrementa la producción de forraje y se puede eliminar completamente la fertilización con nitrógeno cuando se introduce acacia forrajera (*Leucaena leucocephala*) en el sistema (Ramírez, 1996). Estos datos serán presentados más adelante en esta conferencia.

El CIPAV, está realizando la evaluación de sistemas integrados de producción de forraje donde el componente arbóreo y arbustivo juega un papel principal. En un ensayo en la localidad de El Dovio (bosque húmedo premontano), se están evaluando parcelas que contienen 6 especies forrajeras mezcladas: *Erythrina edulis*, *Trichanthera gigantea*, *Tithonia diversifolia*, *Bidens pilosa*, *Boehmeria nivea* y *Amarantus dubius*. En la localidad de Dagua (bosque húmedo tropical), la evaluación comprende 3 arreglos diferentes de mezclas de forrajes. El primero contiene 4 especies: *T. gigantea*, *L. leucocephala*, *G. sepium* y *Morus* sp. El segundo contiene 7 especies: *E. edulis*, *E. fusca* y pasto King grass, además de las cuatro especies del arreglo 1. El tercer arreglo contiene 8 especies forrajeras: *E. fusca*, *T. gigantea*, *Alocasia macorrhiza*, *Tithonia diversifolia*, *E. edulis*, *Urera caracasana*, *Boehmeria nivea* e *Inga* sp. En ambas localidades los animales consumen estas mezclas de forrajes.

CONCLUSIONES

El diseño de la mejor combinación de especies para cultivos mezclados con árboles puede ser difícil. Al igual que con los animales, cuando las plantas crecen en proximidad interactúan positiva (complementaridad) o negativamente (competencia). Las plantas compiten por: luz, agua y nutrientes. Una mezcla apropiada de especies debería incluir por ejemplo, una especie de un sistema radicular profundo complementada con otra de un sistema radicular más extenso; una especie que necesite mucha radiación solar con otra que pueda crecer bajo sombra; y combinaciones de leguminosas y no leguminosas. El reto sería manejar la interacción agua-luz-nutrientes entre el componente arbóreo, los cultivos y la producción animal para el beneficio del productor.

Con la diversidad de árboles forrajeros, existe un potencial considerable para desarrollar sistemas alimenticios basados en mezclas

estratégicas con mejor valor nutricional. Esto puede lograrse aprovechando los procesos interactivos así: protección de la proteína dietética con taninos naturales para incrementar la eficiencia en la utilización del nitrógeno; diluyendo los efectos de compuestos tóxicos; induciendo efectos asociativos que resulten en un incremento del consumo voluntario; e induciendo efectos asociativos en la digestibilidad entre los componentes de la dieta. El diseño de las mezclas a nivel agronómico también plantea retos de investigación para sentar las bases de sistemas agroforestales más novedosos para la producción de forraje. El estudio de estas interacciones es particularmente relevante para los trópicos y su aplicación práctica requiere consideración en el contexto de la agricultura sostenible.

La producción animal en los trópicos está encarando nuevos retos especialmente el balance entre la seguridad alimenticia y la conservación del medio ambiente. Sistemas basados en mezclas de forraje arbóreo contribuirán a incrementar la eficiencia en el manejo y uso de los recursos naturales, y aprovecharán al máximo la diversidad natural de plantas en los trópicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barry, T.N. & Duncan, S. J. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pendiculatus* for sheep. 1. Voluntary intake. *British Journal of Nutrition*, 51:485-491.
- Benavides, J. E. 1994. *Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central.*, CATIE. Informe Técnico No. 236. Vol 1 y 2. 721p.
- Blair, J. E. 1990. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Devendra (ed.). Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp2-9.
- Blomme, G. 1994. *Inventaire des arbres fourragers de la région de Nentón au Guatemala et leurs utilisations dans des systèmes agroforestiers*. Thesis de grado. Centre National d'Etudes agronomiques des Regions Chaudes. 91pp.
- Bosman, H.G, Versteegden, C.J.G.M, Odeyinka, S.M & Tolkamp, B.J. 1995. Effect of amount offered on intake, digestibility and value of *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala* for West African Dwarf goats. *Small Ruminant Research*, 15(3): 247-256.
- Carter, J. E. 1992. *Tree cultivation on private land in Nepal's middle hills: an investigation into local knowldege and local needs*. Oxford Forestry Institute Occasional Papers, No. 40. 55pp.
- Cooper, D. 1992. Los campesinos lo hacen todo el tiempo. En: Geneflow. *Una publicación sobre los recursos fitogenéticos de la tierra*. Edición especial ECO-92: Biodiversidad y recursos fitogenéticos. Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos. Roma, Italia. 20pp.
- Devendra, C. 1993. *Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia*. FAO Animal Production and Health Paper 106, 143pp.
- Devendra, C. & Li Pun, H. 1990. Practical technologies for mixed small farm systems in developing countries. In: *Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries*. FAO Animal Production and Health Paper No. 107. pp.135-156.
- Dunsdon, A. J. & Simons, A. J. 1996. Provenance and progeny trials. En: *Gliricidia sepium*. Genetic resources for farmers: J.L. Stewart, G. E. Allison & A. J. Simons (Eds). Oxford Forestry Institute. University of Oxford. pp. 93-118.
- Durr, P. 1992. *Manual de árboles forrajeros de Nicaragua*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región I, Nicaragua. 125pp.
- Espinel, R. 1997. *Prediagnóstico de las condiciones alimenticias de los proyectos de inversión ganadera en el Cauca*. CIPAV. Informe presentado al PMA. 8pp.
- Fässler, O. 1993. *The effect of mixtures of shrub legumes on nitrogen utilization by sheep*. Diploma Thesis. Institut fur Nutztierwissenschaften, Gruppe Ernährung, Zurich. 80 pp.
- Gill, M. & Powell, C. 1993. Prediction of associative effects of mixing feeds. In: *Increasing livestock production through utilization of local resources*. Editado por: G. Tingshuang. Proceedings of a workshop in Beijing, China. pp. 393-405.
- Gómez, M. E. *Evaluación de sistemas de producción de caña de azúcar y árboles forrajeros, enfatizando en la fertilidad del suelo*. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenibles de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana-IMCA-CIPAV. 45pp.

- ILCA. 1985. *Forage Germplasm Catalogue*, Addis Ababa, ILCA. 77 pp.
- Kass, D.L. 1994. *Erythrina* species, Pantropical multipurpose tree legumes. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. R. C. Gutteridge & H.M. Shelton (Eds). CAB International, Oxford. pp83-96.
- Lascano, C. & Palacios, E. 1993. Intake and digestibility by sheep fed mature grass alone and in combination with two tropical legumes. *Tropical Agriculture* (Trinidad), 70:365-358.
- Le Houérou, H.N. 1991. Feeding shrubs to sheep in the Mediterranean arid zone: intake, performance and feed value. IVth International Rangelands Congress, Montpellier, France. Citado por: Dicko, M.S & Sikena, L.K. 1992. Feeding behaviour, quantitative and qualitative intake of browse by domestic animals. In: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock*. FAO Animal Production and Health Paper 102:129-144.
- Lees, G. L. 1992. Condensed tannins in some forage legumes: Their role in the prevention of ruminant pasture bloat. In: *Plant polyphenols, synthesis, properties, significance*. Hemingway, R. W & Laks, P. E.(Eds) Basic Life Sciences. Vol 59. Plenum Press. pp915-934.
- Lowry, J. B. 1990. Toxic factors and problems: methods of alleviating them in animals. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. C. Devendra (ed). Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp. 76-88.
- Lowry, J.B., Prinsen, J.H. & Burrows, D.M. 1994. *Albizia lebbeck* - a promising forage tree for semiarid regions. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. R. C. Gutteridge & H.M. Shelton (Eds). CAB International, Oxford. pp75-83.
- Maestría en Desarrollo Sostenibles de Sistemas Agrarios 1994. Recursos genéticos de los campesinos de la Cocha. En: *Diversidad biológica y diálogo de saberes*. Zoraida Calle (Ed). Memorias del curso de campo sobre biodiversidad y recursos genéticos indígenas y campesinos. 141pp.
- Moog, F.A. 1992. Role of fodder trees in Philippine smallholder farms. In: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock*. FAO Animal Production and Health Paper 102:43-56.
- Nitis, I.M., Lana, K., Sukanten, W., Suarna, M. & Putra, S. 1990. The concept and development of the three-strata forage system. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. C. Devendra (Ed). Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp92-102.
- Paudel, K. C., & Tiwari, B. N. 1992. Fodder and forage production. In: *Sustainable livestock production in the mountain agro-ecosystem of Nepal*. FAO Animal Production and Health Paper 105:131-154.
- Phiri, D.M., Coulman, B., Stepler, H.A., Kamara, C.S & Kwesiga, F. 1992. The effect of browse supplementation on maize husk utilization by goats. *Agroforestry Systems*, 17:153-158.
- Powell, C.J., Lascano, C.E., Romney, D.L & Gill, M. 1995. The effect of supplementary mixtures of tropical shrub legumes on nitrogen utilisation in sheep fed a low quality grass. *British Society of Animal Science*. Winter Meeting. Abstract 71.
- Ramírez, H. 1996. *Evaluación de dos sistemas silvopastoriles integrados por Cynodon nlemfluensis, leucaena leucocephala y Prosopis juliflora*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

- Rangkuti, M., Siregar, M. E., & Roesyat, A. 1990. Availability and use of shrubs and tree fodders in Indonesia. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. C. Devendra (Ed). Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp266-278.
- Reynolds, L & Adediran, S.O. 1988. The effects of browse supplementation on the productivity of west African Dwarf sheep over two reproductive cycles. In: *Goat production in the humid tropics*. Smith O.B & Bosman, H.G. (Eds) PUDOC, Wageningen, pp83-91.
- Reynolds, L. & Adeoye, S.A.O. 1989. Planted leguminous browse and livestock production. In: *Alley farming in the humid and subhumid tropics*. B.T. Kang & Reynolds. L. (Eds) Proceedings of an International workshop, Ibadan, Nigeria. IDRC-271e. pp44-54.
- Ríos Katto, Clara I. 1994. *Apuntes etnobotánicos y aportes al conocimiento del Nacedero Trichanthera gigantea* (Humb y Bonpl.) Nees. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana-IMCA-CIPAV. 62pp.
- Roggero, P.P., Bellon, S., & Rosales, M. 1996. Sustainable feeding systems based on the use of local resources. In: Ruminant use of fodder resources in warm climate countries. IVth *International symposium on the nutrition of herbivores*. Montpellier, France. Annales de Zootechnie, 45 (Suppl 1): 05-118.
- Rosales, M., 1996. *In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees*. Tesis de Doctorado D.Phil. Department of Plant Sciences, Oxford University, UK. 214 pp.
- Rosales, M. 1997. Avances en la investigación en el valor nutricional de Nacedero (*Trichanthera gigantea* (Humboldt et Bonpland) Nees.). En: *Arboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica*. CIPAV. Segunda edición. pp127-144.
- Rosales, M., Preston, T.R. & Vargas, J.E. 1992. Advances in the characterization of non-conventional resources with potential use in animal production. BSAP. *Animal Production in Developing Countries*. Occasional Publication.16. pp 228-229.
- Rusten, E. 1989. *An investigation of an indigenous knowledge system and management practices of fodder tree resources in the middle hills of Central Nepal*. Tesis de Doctorado sin publicar, Departamento Forestal, Michigan State University. USA.
- Vargas, J.E. 1994. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. En: *Memorias del III seminario internacional sobre Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios*. CIPAV Cali, Colombia. pp135-152.

Comentarios

Juan Ku Vera

La ponencia de Mauricio Rosales enfatizó la necesidad de estudiar el valor nutritivo de las mezclas de árboles y arbustos en los sistemas agroforestales del trópico. De considerable importancia para la nutrición de los rumiantes en el trópico, resulta la posibilidad de lograr efectos sinérgicos a nivel digestivo cuando se proporcionan mezclas de árboles, así como la posible reducción en los efectos tóxicos de un forraje dado. Es evidente que es necesario conocer más acerca de los mecanismos que regulan dichos efectos sinérgicos a nivel ruminal. Dado que la materia orgánica desaparece del rumen por medio de dos procesos básicos representados por la fermentación y el pasaje, es necesario entonces obtener mayor información en relación a cual de estos dos eventos predomina cuando se ofrece una mezcla dada de árboles, ya que el resultado de la competencia simultánea entre estos dos procesos determinará cuanto más alimento el animal podrá consumir. El conocer la contribución relativa de estos dos procesos a la desaparición ruminal de la materia orgánica, podría dar la oportunidad de manipular la digestión ruminal (y el consumo), simplemente modificando las mezclas de árboles y las cantidades ofrecidas a los animales. De gran relevancia resulta el hecho de encontrar mezclas de árboles, que incrementen la fermentación ruminal de uno (o más) de los árboles en la mezcla, el resultado de esto conduciría hacia una mayor disponibilidad de energía, tanto para los microorganismos ruminales (ATP's), como de productos finales de la fermentación (AGV's) para el mismo animal, lo anterior probablemente se refleja en el mejor comportamiento animal observado cuando se emplean mezclas de árboles como demostró M. Rosales. La mejora en la fermentación ruminal cuando se emplean mezclas de árboles es importante, sobre todo en cuanto a que plantea la posibilidad de «catalizar» el aprovechamiento de especies arbóreas o arbustivas de degradabilidad ruminal baja (e.g. *Ehretia tinifolia*) o intermedia. Mauricio Rosales puntualizó que «los efectos asociativos de mezclas de árboles forrajeros están gobernados por el grado de sincronización de las tasas de fermentación de los diferentes componentes de las mezclas». Es probable que esto sea correcto, sin embargo, las mezclas de árboles forrajeros

también podrían modificar (incrementar o incluso reducir) la tasa de pasaje de la digesta por el rumen. Por ejemplo, Valdivia y Ku (1996) observaron que niveles crecientes (15, 30, 45%) del follaje del árbol *Brosimum alicastrum* en una ración basal de pasto guinea de baja calidad, incrementó linealmente la tasa de pasaje de sólidos por el rumen (k1) y el consumo de materia seca de borregos Pelibuey. Resultados similares han sido reportados por investigadores del ILRI en Africa (Osuji y Odenyo, 1997) cuando suplementaron ovinos alimentados con forrajes de baja calidad con leguminosas arbóreas. A manera de propuesta, sería conveniente asignar a cada árbol o arbusto un valor energético y otro proteico basados en la disponibilidad ruminal de estos componentes, para luego proceder a mezclarlos, tratando de mantener su sincronía como fuentes de energía y proteína para los microorganismos del rumen. Esta sincronización en el aporte de energía y proteína a nivel ruminal podría redundar en efectos positivos en la producción, como se ha observado por ejemplo, en la producción de leche (Herrera-Saldaña y Huber, 1989). La propuesta de realizar mezclas de árboles resulta atractiva, entre otras cosas porque, la presencia a nivel de finca de especies arbóreas o arbustivas con diferentes propiedades nutricionales (proteína degradable en rumen, proteína de baja degradación ruminal, etc.), podría resultar en una mayor variedad de opciones de suplementación nutricional de la cual el productor pudiera hacer uso, dependiendo de la disponibilidad de nutrientes en la finca a través del año. Felicidades a Mauricio Rosales por su estimulante conferencia.

- Herrera-Saldaña, R. & Huber, J.T. 1989. Influence of varying protein and starch degradabilities on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 72:1477-1483.
- Osuji, P.O. & Odenyo, A.A. 1997. The role of legume forages as supplements to low quality roughages-ILRI experience. *Anim. Feed Sci. Technol.* 69:27-38.
- Valdivia, V. y Ku, J. 1996. Efecto del ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre la digestión ruminal y el flujo de proteína microbiana en ovinos Pelibuey alimentados con pasto guinea (*Panicum maximum*). Reunión Nacional de Investigación Pecuaria. Cuernavaca, México. p. 267.

José Armando Alayón Gamboa

La ponencia que presenta Mauricio Rosales resulta realmente estimulante ya que por lo general, y de manera natural, coexisten en las unidades de producción diferentes especies de árboles y arbustos que pueden ofertar diferentes volúmenes de biomasa en distintos momentos del año, lo cual

da la posibilidad al animal de contar no solo con una mayor variedad de alimentos que conforman su dieta sino también de poder ingerir diferentes volúmenes de los mismos. En este sentido, creo que son realmente valiosas las aportaciones que se encaminen a entender los procesos que se encuentran involucrados en el consumo de diferentes mezclas de follajes por los animales en pastoreo y/o ramoneo, ya que pueden presentarse efectos positivos, como señala M. Rosales en la ponencia, de los cuales se podrían emplear en una alimentación estratégica en pequeñas fincas de productores. Por otra parte hay que considerar que esta variedad de especies presentes, también son seleccionadas porque aportan otros beneficios al productor, así por ejemplo en las comunidades de la región Norte del Estado de Chiapas, México que carecen de servicios médicos, muchos de éstos árboles se utilizan solos, o combinados, también, como medicinas caseras, y otros se utilizan para curar las heridas en los animales. Felicidades a Mauricio Rosales por su interesante ponencia.

Danilo A. Pezo

La contribución de Mauricio Rosales es un excelente aporte, en cuanto nos recuerda la riqueza biológica del medio tropical, y en particular la diversidad genética de las leñosas nativas de América Tropical. Al leer este trabajo se valora la importancia de la «conservación» de esa biodiversidad, no con una visión estrictamente «preservacionista», sino por la oportunidad que hay de utilizarla primariamente en beneficio del poblador de los trópicos, pero también para el resto de la humanidad. Los muchos esfuerzos que se han hecho en América Tropical para el estudio de estos recursos, especialmente a partir de la segunda mitad de la década pasada, han resultado insuficientes para caracterizar el potencial forrajero de la gran diversidad de leñosas nativas. A medida que se avanza en el estudio de estos recursos, entendemos su rol en los sistemas tradicionales, descubrimos nuevas oportunidades para su incorporación efectiva en los sistemas de producción agrícola y pecuaria, pero a la vez aprendemos el cuan poco sabemos sobre ellos. El caso *Leucaena Leucocephala/Heteropsylla cubana* ilustra bien la necesidad de traducir en decisiones de manejo el dicho castellano «no se deben poner todos los huevos en una misma canasta». Aún cuando no se diera ninguno de los otros beneficios a los que hace referencia Mauricio Rosales en su artículo, quizás el solo hecho que la utilización de la biodiversidad constituya un «mecanismo de control del riesgo», justifica la diversificación no sólo de

las leñosas, sino también de las forrajeras herbáceas, y del resto de recursos alimenticios utilizados a nivel de finca. Este aspecto es aún más crítico para los productores de más escasos recursos. La variabilidad «dentro de especies» en parámetros de calidad nutritiva es un aspecto a menudo soslayado en las recomendaciones técnicas sobre el uso de las leñosas forrajeras. En los cultivos agrícolas, e incluso en muchas forrajeras cultivadas, casi siempre hay precisión en la definición del genotipo (e.g. variedad, ecotipo, accesión, híbrido) recomendado para una condición particular; en cambio, esto rara vez es considerado para las leñosas de uso forrajero (quizás *Leucaena* sea una excepción en este particular). Sin embargo, varios estudios ilustran que aún cuando las forrajeras se evalúen a una misma edad de rebrote o a un mismo estado fenológico, hay variaciones importantes en el contenido de metabolitos secundarios, la digestibilidad y el consumo, entre especies dentro de géneros, e incluso entre procedencias dentro de especies. El problema anterior se complica aún más por que los investigadores con frecuencia definimos de modo muy general la «naturaleza» del recurso alimenticio leñoso que hemos analizado o que utilizamos en un ensayo de consumo o de producción animal. No basta con especificar el genotipo y la edad de rebrote, sino que dadas las variaciones que hay en la calidad de hojas, tallos verdes y tallos leñosos, y en la contribución relativa estos componentes, es fundamental definir la fracción analizada, o la proporción de las diferentes porciones de planta en el forraje en oferta y en el residuo dejado por los animales, en la dieta seleccionada por los animales. Me parece que tampoco es válido decir que el análisis corresponde a la «fracción comestible», pues esta es una definición frecuentemente subjetiva. Quizás todos coincidamos en las hojas o en los foliolos como componentes de esa fracción comestible, pero seguramente donde se presentarán discrepancias es en el tipo y diámetro de tallos que los diferentes autores pueden considerar comestibles y los posibles efectos que sobre la selectividad pueden ejercer tanto el nivel de oferta como el «procesamiento», cuando se ofrecen bajo condiciones de corral. Con base en lo anterior, sugiero que de este foro resulte una recomendación sobre algunos elementos mínimos que deberían considerarse en la descripción de las leñosas forrajeras utilizadas como recursos alimenticios para el ganado, los mismos que deberían ser incluidos en los protocolos experimentales, así como en los artículos

científicos, boletines técnicos u otras publicaciones, de manera que el lector pueda aprovechar adecuadamente la información consultada.

Mauricio Rosales

Respuesta a los comentarios de J. Ku, A. Alayón y D. Pezo

Es necesario conocer aún más los mecanismos que controlan el efecto asociativo de mezclas de forrajes arbóreos. Juan Ku ha planteado dos aspectos que tienen una importancia decisiva en el efecto asociativo: la tasa de pasaje y la fermentación de la materia orgánica. Es cierto que es necesario obtener mayor información en relación a cual de estos dos eventos predomina cuando se ofrece una mezcla de follaje arbóreo. Sin embargo, la estrategia no es tratarlos como eventos aislados, sino reunidos en un índice que se ha denominado «índice de sincronización». Este índice contiene información no sólo sobre la cantidad y calidad de nutrientes sino también sobre su disponibilidad por hora y la tasa de pasaje del follaje. Esto permitirá no solo acercarnos a la predicción del efecto asociativo, sino que puede sentar las bases de un sistema alimenticio basado en las interacciones. En este sentido, existe un proyecto (en preparación) para el desarrollo de este índice que se espera finalizar en tres años. Otra propuesta de investigación en esta área, liderada por Armando Alayón (Colegio de la Frontera Sur, México), tiene el objetivo de determinar la influencia de diferentes mezclas de follajes arbóreos y su combinación con fuentes energéticas sobre la fermentación, el consumo voluntario, la digestibilidad aparente, la degradación y la cinética ruminal, el aporte de proteína microbiana y la ganancia de peso en pequeños rumiantes. Uno de los aspectos más importantes de este proyecto es que estudia el efecto de las mezclas bajo diferentes fuentes energéticas. Los efectos asociativos se verán influenciados en gran proporción por el carbohidrato que se utilice. Lo mismo que las tasas de pasaje de forrajes individuales pueden afectarse por la presencia en la mezcla de un segundo forraje, como lo expresó Juan Ku en su comentario. Esto da una idea de cuan complejo puede ser el estudio de las interacciones. Esta complejidad es aún mayor cuando consideramos los aspectos de genotipo, edad de rebrote, variaciones entre y dentro de árboles, «fracción comestible», etc., como bien lo expresó Danilo Pezo en su comentario. Ciertamente para abarcar el estudio de las interacciones se requiere de un equipo multidisciplinario y numeroso. Por esto cobra más importancia la propuesta de Danilo Pezo en el sentido de que

debemos uniformizar, por lo menos a nivel latinoamericano, los elementos, conceptos, métodos y análisis relevantes que se deban tener en cuenta para la descripción del valor alimenticio de los árboles forrajeros.

Andrew Speedy

Sobre los comentarios de Danilo Pezo

Quiero felicitar a Danilo Pezo por su excelente contribución a la discusión del artículo de Mauricio Rosales. Danilo Pezo presenta puntos de vista muy buenos. En particular, los beneficios de las mezclas de forrajes han sido generalmente subestimados. Pero, como lo mostró Mauricio Rosales, los sistemas tradicionales han aprovechado estas ventajas. Podríamos añadir la experiencia de los agricultores en Tanzania, quienes utilizan alrededor de 200 especies de árboles y arbustos forrajeros para la alimentación animal (Komwihangilo et al., 1995). Las ventajas de las mezclas de especies pueden resumirse en:

- Ventajas agronómicas: sistemas multi-estrato para una mayor producción total de biomasa.
- Ventajas sanitarias: reducción de pestes y enfermedades comparados con especies individuales (e.g. *Leucaena*).
- Ventajas nutricionales: efectos asociativos.
- Ventajas nutricionales: diferentes compuestos del metabolismo secundario de las plantas.

Me gustaría preguntar si algún otro participante puede contribuir con experiencias de sistemas agroforestales de múltiples especies para la producción ganadera en América Latina. Tengo la impresión que existen algunos ejemplos que han sido examinados críticamente o quizás mediante un experimento. Considero que esta es una dirección de investigación futura muy importante. Con respecto a la conservación, existe una discusión frecuente sobre los méritos relativos de la conservación de especies y la conservación de hábitats. Yo creo que hay un punto sutil pero muy importante que debe resaltarse. El objetivo de la conservación debe ser la conservación de la evolución (la capacidad de evolucionar). Esto es, la conservación de la diversidad en todos los niveles, flora, fauna, microfauna y organismos microbiales asociados. Los sistemas evolutivos son actualmente un foco importante de investigación en biología, economía y aún en ciencias políticas. Me gustaría oír otros puntos de vista con respecto a este enfoque. Finalmente, con respecto al tema de protocolos apropiados para describir los forrajes, me gustaría

dirigir al lector hacia el formato de «Alimentos Tropicales» de la FAO. El principio clave de la nutrición animal es que la energía, proteína y otras características (dadas por los análisis químicos) no son aditivos. Existe una interacción proteína-energía, lo mismo que efectos asociativos en varios niveles. No deberíamos tener temor de usar un lenguaje descriptivo para presentar información que es valiosa para el desarrollo de sistemas integrados en el campo.

Komwihangilo, D.M., Goromela, E.H. & Bwire, J.M.N. 1995. Indigenous knowledge in utilization of local trees and shrubs for sustainable livestock production in central Tanzania. LRRD 6(3).

Manuel Sánchez

El artículo de M. Rosales nos recuerda la importancia de la variedad de la dieta en los animales bajo pastoreo/ramoneo libre, y nos demuestra lo poco que sabemos al respecto. En primer lugar, una disponibilidad de diferentes tipos de forrajes con palatabilidad y valor nutricional diverso, va a permitir al animal balancear mejor su consumo a las cambiantes necesidades nutricionales. Independientemente, del argumento de si los animales tienen derecho o no a una dieta variada, es lógico pensar que al igual como los animales evolucionaron en el tiempo seleccionando los tipos y cantidades de alimentos que mejor respondían a sus necesidades fisiológicas, una oferta variada de tipos de forrajes también permita a las especies domésticas escoger la dieta que les convenga. Es bien conocido que en zonas tropicales para reducir la tensión por calor, los animales buscan los forrajes más digeribles que generen la menor cantidad de calor al ser ingeridos, digeridos y metabolizados, y que lo hacen en las horas más frescas del día o la noche. En cuanto a los métodos analíticos que disponemos, es contrastante el nivel de sofisticación que se ha llegado en el laboratorio para explicar los procesos ruminales como nos lo demuestra el artículo de Ku *et al.* (esta conferencia), con las pocas y rudimentarias técnicas que se emplean en animales bajo pastoreo. Algún día llegaremos a ese mismo nivel, pero mientras tanto seguiremos necesitando de metodología para imitar lo más cercano posible lo que pasa en la realidad con los animales en sistemas silvopastoriles, donde los consumos de los diversos ingredientes son cambiantes y los follajes son frescos. Me pregunto si para este caso en particular no tuviera prioridad el medir directamente la respuesta animal bajo variadas condiciones de

disponibilidad de tipos y cantidades de forrajes, en lugar de especular que pasaría si los animales consumieran tal o cual mezcla de forrajes con composición química diversa.

Carlos Sandoval Castro

Mauricio Rosales reconoce que Juan Ku ha planteado dos de los aspectos que tienen una importancia decisiva en el efecto asociativo: la tasa de pasaje y la fermentación de la materia orgánica y que la estrategia no es tratarlos como eventos aislados, sino reunidos en un índice que se ha denominado «índice de sincronización». Este índice contiene información no sólo sobre la cantidad y calidad de nutrientes sino también sobre su disponibilidad por hora y la tasa de pasaje del follaje. Sin embargo me gustaría tener mayor información sobre este «índice» para poder opinar al respecto. Si la propuesta del índice de sincronización es similar a lo que comúnmente encontramos en la literatura al tratar de diseñar dietas asíncronas y sincronizadas en liberación de proteína y energía. Tengo mis dudas al respecto. Especialmente bajo circunstancias prácticas. Estos índices a la fecha han producido resultados contrastantes (frecuentemente no funcionan!!). Existen dudas sobre el porque de este efecto. Pero es claro que es fiel reflejo de nuestra incapacidad de predecir el aporte de nutrientes de cada elemento participante en la dieta «sincronizada». Adicionalmente, bajo condiciones de «la vida real», frecuentemente los animales no comerán en pocas comidas discretas, si no que distribuirán su consumo a lo largo del día (especialmente en silvopastoreo). Bajo estas condiciones es posible pensar e incluso tal vez modelar que la aparente falta de sincronía es solo un reflejo de estudiar comidas aisladas y no prestar atención a los efectos residuales de las comidas anteriores. Estaríamos hablando de una «sincronización retardada». Sin duda existirán múltiples enfoques sobre como abordar el problema, pero ciertamente aunque es mucho más fácil y tal vez «prioritario» como sugiere Manuel Sánchez el enfoque de «caja negra». Como poder responder con este enfoque la pregunta de muchos productores al consultar con el técnico y/o investigar que llega a la finca. Parafraseando la pregunta esta es la siguiente. ¿Con cuanto de este(os) árbol(es) suplo aquel(los) cuando no exista disponibilidad?

Elizabeth Olivares**Sobre con la intervención de Mauricio Rosales y Andrew Speedy**

Con la finalidad de estudiar el funcionamiento de los ecosistemas algunos ecólogos han ordenado las especies de acuerdo a su impacto o papel en los procesos del ecosistema. Se ha dicho así que son grupos funcionales los productores primarios (organismos fotosintéticos), los consumidores primarios (herbívoros), los consumidores secundarios (carnívoros), los detritívoros y los descomponedores (liberadores de nutrientes). Un ecosistema tendrá como mínimo a los productores de materia orgánica (que utilizan energía lumínica) y los descomponedores (que utilizan los residuos orgánicos como fuente de energía). Esta clasificación en grupos funcionales ha sido criticada por algunos ecólogos por poder incluir elementos muy diferentes dentro de cada grupo, así por ejemplo el grupo de los productores resulta muy amplio. Sin embargo es útil para evaluar la capacidad de recuperación de los ecosistemas. Es importante en ese caso identificar los grupos funcionales y conocer las especies que los constituyen. Las especies de grupos funcionales distintos tienen requerimientos diferentes y no compiten, pero dentro de cada grupo funcional existe competencia por los recursos y un mayor número de especies indicará diferentes capacidades de captura de dichos recursos y diferentes niveles de los mismos (Medina, 1996). Se ha estudiado la importancia de la biodiversidad en procesos como producción primaria, descomposición, ciclaje de nutrientes, y los diferentes estudios han concluido que el funcionamiento del ecosistema está relacionado con la biodiversidad y que conservar tiene un valor en términos de producción y sostenibilidad (Bengtsson *et al.*, 1997). Por otra parte se ha visto que la deforestación y creación de monocultivos tienen efecto en las interacciones bióticas como polinización, dinámica de nutrientes, etc. (Orians *et al.*, 1995). Por lo anteriormente expuesto apoyo a Andrew Speedy en su comentario ... «la conservación de la diversidad en todos los niveles, flora, fauna, microfauna y organismos microbiales asociados»... y felicito a Mauricio Rosales por su interesante trabajo que nos hace caer en cuenta de que no se trata tampoco de hacer un monocultivo de árboles.

Bengtsson J., Jones H., & Setälä H. 1997. The value of biodiversity. TREE 12(9):334-336.

Medina E. 1996. Diversidad morfológica y funcional del grupo de productores primarios en sabanas. Interciencia 21 (4):193-202.

Orians G.H., Dirzo R., Cushman J.H., Medina E., & Wright J.S. 1995. Tropical forests. En: Heywood V.H. (ed.) Global Biodiversity Assessment. Biodiversity and Ecosystem

Function: Ecosystem Analyses. United Environment Programme. Cambridge University Press. UK. Capítulo 6.1.2. Pág. 339-345.

Tomás Ruiz, Gustavo Febles, Roberto Sánchez y Jatnel Alonso

Agradecemos la feliz idea de la inclusión de este tema entre los materiales de la Conferencia Electrónica de la FAO, pues coincidimos plenamente en el criterio de que la visión futura sobre el estudio de los sistemas silvopastoriles debe centrarse a partir de ahora en un nuevo enfoque que valore el efecto nutricional y ecológico, no de una especie de árbol en un sistema productivo sino de la mezcla de diferentes especies de árboles leguminosos o no además de otros forrajes de diferentes géneros y familias. Como se puede apreciar en la conferencia, los mayores avances (aunque aún escasos) en este sentido se han obtenido en los análisis de tipo nutricional y en segundo lugar en las evaluaciones sobre consumo voluntario. También existe cierta información sobre diagnósticos en agroecosistemas tradicionales donde se manejan mezclas de especies. Sin embargo, los mayores esfuerzos y el mayor tiempo necesario para obtener respuestas conclusivas sin dudas estarán encaminadas al diseño de sistemas de este tipo que manifiesten sus ventajas no solo en indicadores nutricionales o ecológicos sino también productivos y económicos. En nuestro instituto, como ya hemos señalado en otros momentos durante esta misma Conferencia Electrónica, desde hace varios años se viene trabajando con la inclusión de *Leucaena* en áreas ganaderas, pero en los últimos años se comenzaron a desarrollar una serie de experiencias encaminadas a diversificar la presencia arbórea en dichas áreas. Así, se ha incluido en la misma área además de la *Leucaena*; *Lysiloma bahamensis*, *Gmelina arborea*, *Azadirachta indica*, y más recientemente especies de los géneros *Enterolobium* y *Bauhinia*. Estas introducciones cumplen diversos objetivos como mejoradores del entorno: sombra, otra fuente de alimentación, fijación de nitrógeno, protección contra insectos plagas y otros. En otro orden de ideas quisiéramos hacer referencia a la información citada en su conferencia sobre la variabilidad en el valor nutricional de diferentes variedades y procedencias de una misma especie de árbol (*Leucaena*, *Gliricidia*, *Trichanthera*). Consideramos que la utilización de dicha variabilidad debe estar enmarcada en programas de mejora varietal ya que en ocasiones esta variabilidad provoca resultados erráticos y difíciles de controlar. De la misma forma en los trabajos de evaluación y discriminación de germoplasma debe predominar el criterio

de selección de especies de acuerdo a sus atributos positivos y no en función de una cualidad predeterminada, de manera tal que no sea el árbol el que tenga que adaptarse a las condiciones que imponga el hombre sino el hombre quien adecue el diseño de los sistemas a las posibilidades que puede brindar cada tipo de árbol. Así se verían grandemente disminuidas las dificultades de adaptación de las especies, los riesgos de monocultivos, ataques de plagas, etc.

Mauricio Rosales

Sobre los comentarios de Carlos Sandoval

Con respecto a la inquietud sobre el «índice de sincronización». Este índice es similar al comúnmente encontrado en la literatura (Sinclair *et al.*, 1993; Sniffen *et al.*, 1983), el cual no sólo contiene información sobre la cantidad y calidad de nutrientes, su disponibilidad por hora y la tasa de pasaje del follaje, sino también sobre el consumo de materia seca. Como lo ilustra Carlos Sandoval los índices desarrollados en países templados han presentado resultados contrastantes. En mi opinión, esto tiene que ver en parte, con el hecho que estos índices han sido desarrollados utilizando alimentos ricos en energía y proteína como henos y harina de pescado por ejemplo. En el caso de las hojas de árboles, las cuales son químicamente mucho más complejas, sus índices de sincronización deben ser mucho más críticos que los de aquellos alimentos más homogéneos. Nsahlai *et al.*, (1995) calcularon los índices de la liberación de nutrientes de 20 especies de árboles forrajeros. Ellos encontraron que, desde el punto de vista de la sincronización de la tasa de liberación de nutrientes solubles e insolubles (N y MO), existía una sincronización de pobre a moderada entre la fermentación de nitrógeno y materia orgánica. Esto se debía a que el nitrógeno era liberado en exceso. Esto puede ser una desventaja si el follaje arbóreo constituye la única fuente de alimento, pero puede no serlo si se ofrecen mezclas de forrajes. En los casos anteriores el concepto del efecto asociativo de las mezclas sobre el índice de sincronización no ha sido tenido en cuenta. Por ejemplo, la tasa de pasaje, es un componente esencial del índice, pero esta tasa estará afectada por los otros componentes de la mezcla. La idea de la sincronización en la liberación de nutrientes no es completamente nueva. Johnson (1976) propuso que la sincronización de las tasas de fermentación entre carbohidratos y proteínas debería balancearse para maximizar la digestión de la pared celular. Esto es lograr el balance entre los nutrientes de una dieta

mezclada. A nivel de suplementación es lo que se hace con éxito en el trópico cuando se mezcla la urea con la melaza (ambos componentes tienen tasas de fermentación rápidas). El desarrollo del índice de sincronización tiene que ver con la necesidad de aumentar nuestro conocimiento de los efectos asociativos que ocurren con dietas mezcladas, principalmente aquellas que incluyen follaje arbóreo. El índice es solo una aproximación a una parte del problema. También se deben desarrollar programas de investigación participativa para conocer la racionalidad de los productores detrás de la práctica del suministro de mezclas. Se deben evaluar las interacciones que ocurren no solo a nivel del animal, sino también a nivel de planta y suelo. El enfoque de «caja negra» es otra forma abordar un problema tan complejo como el de las interacciones. Este problema requiere con certeza de una visión y un enfoque mucho más sistémicos.

- Sinclair, L. A., Garnsworthy, P.C., Newbold, J. R. & Buttery, P.J. 1993. Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 120:251-263.
- Nsahlai, I.V., Siaw, D.E.K.A. & Uminna, N. N. 1995. Inter-relationships between chemical constituents, rumen dry matter and nitrogen degradability in fresh leaves of multipurpose trees. *Journal of Science Food and Agriculture*, 69:235-246.
- Johnson, R. R. 1976. Influence of carbohydrate solubility on non protein nitrogen utilisation in the ruminant. *Journal of Animal Science*, 43:184-191.
- Sniffen, C. J., Russell, J. B. & Van Soest, P. J. 1983. The influence of carbon source and growth factors on rumen microbial growth. *Proceedings of the Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, Cornell University, Ithaca*. pp. 26-33.

Juan Ku

El «índice de sincronización» propuesto por M. Rosales representa un avance conceptual importante en cuanto a que incorpora el consumo de materia seca dentro de dicha expresión. Este valor es uno de los mejores indicadores relativos del valor nutritivo de los alimentos para los rumiantes y la posibilidad de predecirlo con base en el índice de sincronización, es un área que debe de ser explorada con mayor énfasis en el desarrollo de sistemas de alimentación para rumiantes en el trópico latinoamericano. M. Rosales dejó entrever la «existencia de una sincronización de pobre a moderada entre la fermentación del nitrógeno y la materia orgánica, debido a que el nitrógeno puede ser liberado en exceso y esto puede ocurrir cuando el follaje arbóreo constituye la única

fuelle de alimento». Existe evidencia indirecta de que esta situación pudiera presentarse con algunos árboles disponibles para la alimentación de rumiantes en el sureste de México. Por ejemplo, la fracción de proteína cruda del follaje del árbol *Brosimum alicastrum* posee una elevada extensión de digestión ruminal (>90%) y el nitrógeno (NH_3) en exceso de las necesidades de la población microbiana ruminal podría parcialmente perderse al ser absorbido a través de la pared ruminal. Una parte de ese nitrógeno excedente pudiera perderse irrevocablemente al ser excretado como urea en la orina. El costo energético de la síntesis de urea (a partir del NH_3 proveniente del rumen) en el hígado; reduciría entonces la disponibilidad de la energía (ATP's) para el crecimiento animal. En el sur de México, Pérez *et al.* (1995) alimentaron ovinos de pelo exclusivamente con follaje de *B. alicastrum* y registraron una ganancia de peso de 46g/d; sin embargo cuando incorporaron un suplemento de grano (energía) al follaje de *B. alicastrum*, la ganancia de peso se incrementó hasta 77g/d. Como mencionó M. Sánchez en un comentario anterior, tal vez la «substitución total de pastos por follaje arbóreo no sea lo mejor ni desde el punto de vista biológico ni práctico». Sería importante describir entonces, qué tipo de mezclas de árboles forrajeros podrían ayudar a revertir esta situación (la absorción del exceso de nitrógeno), a partir del suministro al rumiante de árboles con una mejor sincronía en cuanto a la liberación del nitrógeno y la energía en el rumen o visto de otra forma, a partir de mezclas que complementen las «deficiencias» (o asincronías) de otros árboles (por ejemplo: en materia orgánica fermentable en el rumen), lo cual llevaría a la inducción de efectos sinérgicos positivos con mezclas de árboles. Un valor que podría incorporarse al «índice de sincronización», es la disponibilidad de nitrógeno microbiano en el intestino delgado. Este valor puede obtenerse de una manera simple a través de la medición de los derivados de purinas en la orina. La mayor compatibilidad en la disponibilidad del nitrógeno y la materia orgánica (energía) en el rumen, debe de reflejarse quizá en una mayor disponibilidad de nitrógeno microbiano a nivel post-ruminal. Las mediciones realizadas en México con niveles incrementales de follaje de *B. alicastrum* y *Gliricidia sepium* en raciones para ovinos, demuestran que el suministro de nitrógeno microbiano al intestino delgado se incrementó linealmente al incorporar el follaje arbóreo. Este valor reviste particular importancia, ya que es probable que en los sistemas silvopastoriles del trópico, la mayor parte del nitrógeno disponible para el

crecimiento de los animales sea de origen microbiano (al menos en el caso de los árboles estudiados en el sur de México) y una relativa menor proporción, de nitrógeno alimentario que pueda salir del rumen sin ser degradado (por ejemplo, follaje arbóreo que contiene taninos). En el sur de México, lo anterior reviste cierta relevancia porque la digestión ruminal de la proteína cruda de alrededor de catorce especies de arbóreas y arbustivas que están siendo estudiadas en la actualidad, es en general elevada y tal vez se requiera de una mayor sincronía en la disponibilidad de los nutrientes en el rumen. M. Rosales apuntó que «la tasa de pasaje es un componente esencial del índice de sincronización, pero que esta tasa estará afectada por los otros componentes de la mezcla». En nuestra experiencia en México, la incorporación del follaje de *B. alicastrum* a la ración de ovinos Pelibuey incrementó linealmente la tasa de pasaje de la digesta sólida por el rumen, lo que a su vez permitió un mayor consumo de materia seca al existir un espacio mayor en el rumen, aunque la degradación efectiva del alimento pudo reducirse debido al menor tiempo de retención de la digesta en este órgano. Al proporcionar mezclas de árboles a los rumiantes, las diferentes concentraciones de fibra detergente neutro entre especies (y las proporciones variables de los componentes dentro de ésta: celulosa, hemicelulosa, lignina), así como la diferente resistencia física a la masticación y rumia y por tanto en el tiempo requerido para la hidratación, colonización microbiana y reducción del tamaño de partícula de los árboles incorporados en la mezcla, modificará; en una extensión desconocida, la tasa de pasaje de la digesta y por lo tanto la cantidad de nutrientes que el animal logrará extraer de dicha mezcla de árboles en el rumen.

Pérez, J.D., Zapata, G. & Sosa, E. 1995. Utilización del ramón *Brosimum alicastrum* Swartz) como forraje en la alimentación de ovinos en crecimiento. *Agroforestería de las Américas*. 7:17-21.

Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano

J.C. Ku Vera*, L. Ramírez Avilés*, G. Jiménez Ferrer**, J.A. Alayón** y L. Ramírez Cancino*

*Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán, México

**ECOSUR, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

SUMMARY

This work describes experiments carried out with ruminally fistulated sheep and cattle. The aim was to study the potential of the different species of trees and bushes as forage in ruminant production systems in the Mexican tropics. One year old Pelibuey lambs were used in experiment 1, with levels of *Gliricidia sepium* (Matarraton) of 0,10,20 and 30% on dry matter basis, and in experiment 2 with *Brosimum alicastrum* (Ramon) at 0,15,30 and 45%, in rations based on *Cynodon nlemfuensis* (Star grass) and *Panicum maximum* (Guinea grass) respectively. In experiment 3, a fixed level (30%) of the ration as dry foliage of *B. alicastrum*, *Guazuma ulmifolia* (Guacima) or *Ehretia tinifolia* (Oak) in a ration of *Pennisetum purpureum* (Taiwan grass) hay also with one year old Pelibuey lambs. In experiments 4 fistulated cattle were used to evaluate the rate and the extent of the ruminal digestion of the dry matter of the multipurpose tree species (*Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Thitonia longiradiata*, *Erythrina mexicana*, *Cassia spectabilis*, *Gliricidia sepium* and *Calliandra houston*) available in the ranching community of Maya-Tzotzil, Simojovel, Chiapas. The aim was to identify species with the best nutritive value to be used for animal feeding. The incorporation of tree foliages increased total dry material intake in sheep, even though it was not possible to improve the ruminal digestions (rate and extent) of base rations. Ruminal NH₃ concentration, small intestine microbial nitrogen, apparent *in vivo* dry (DM) and organic

(OM) digestibilities increased with the incorporation of the tree foliage. The rate of passage through the rumen (k_1) increased with the incorporation of increasing levels of foliage of *B. alicastrum*. Substantial differences in the rate and the extent of ruminal DM digestion were seen between species of trees and bushes. Forage trees and bushes represent an economical source of crude protein and other nutrients (energy and minerals) for the feeding of ruminants in the tropics, nevertheless more research is needed to identify the optimal levels of incorporation of foliage of one or more trees (mixes) in low quality base rations.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los sistemas ganaderos tradicionales extensivos en el trópico mexicano a partir de los años 40, se llevó a cabo a costa de la destrucción de grandes extensiones de bosques y selvas para abrir paso al monocultivo de pastos. Esto condujo a una severa reducción de la biodiversidad vegetal y animal. Los sistemas ganaderos extensivos han contribuido poco al desarrollo rural (alimentación, salud, educación); por ejemplo, es precisamente en el sur de México (Chiapas, Oaxaca, Yucatán) donde se observan los cuadros de desnutrición más severa entre la población rural infantil. La ganancia de peso en los sistemas de producción de rumiantes basados en el monocultivo de pastos es baja; en el sur del estado de Yucatán, la ganancia de peso en toros en crecimiento pastoreando *P. maximum* durante un año (1995) fue únicamente de 415 g/d (J. Ku, resultados no publicados). Resultados similares fueron reportados por Jarillo y Ramírez (1997) en el mismo sitio con novillas, encontrando una ganancia de peso promedio de 450g/d a través del año. Entre las diferentes alternativas disponibles para reducir el deterioro ambiental producido por el auge expansionista de la ganadería tradicional extensiva en el trópico mexicano, se tiene la implementación de prácticas de tipo agroforestal (e.g. silvopastoreo), que impulsan la integración de árboles y arbustos con la producción animal y que podrían dar la pauta para el desarrollo de sistemas de producción sustentables que no atenten contra el frágil equilibrio ecológico del trópico mexicano, y que inclusive pudieran mejorar el comportamiento animal (ganancia de peso, producción de leche) sin tener que depender de insumos externos. En México existen una gran variedad de especies de árboles y arbustivas que tienen potencial para ser incorporadas en los sistemas de producción de

rumiantes en el trópico (Topps, 1992; Sotelo, Contreras y Flores, 1995; Toledo *et al.* 1995; Soto *et al.*, 1997), las cuales podrían introducir elementos de sostenibilidad en los sistemas ganaderos actuales (Enkerlin *et al.*, 1997) al hacerlos menos dependientes de insumos externos (concentrados energéticos y proteicos) que tienen que ser adquiridos a un costo elevado para la finca (Loker, 1994). Por ejemplo, el árbol de *B. alicastrum* se encuentra presente en una proporción considerable de los patios de las casas en la zona rural y urbana del estado de Yucatán, México, y su uso como forraje de corte está ampliamente difundido desde hace muchos años.

El uso de árboles y arbustos en los sistemas de producción animal tropical tiene varias ventajas entre ellas sus múltiples usos. Pueden ser empleados como cerco vivo (e.g. *G. sepium*, *Jatropha curcas*), como sombra (e.g. *Enterolobium cyclocarpum*, *B. alicastrum*, etc.), leña, con propósitos ornamentales, etc. El presente trabajo pretende discutir algunos aspectos del valor nutritivo de varias especies de árboles y arbustos de uso múltiple que tienen potencial para ser empleados en los sistemas de producción de rumiantes en el trópico mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Experimentos con ovinos

Se realizaron tres experimentos con borregos Pelibuey de aproximadamente 35kg de peso vivo fistulados en el rumen con cánulas de plastisol de 7,5 cm de diámetro interno. Los borregos fueron alimentados *ad libitum* en todos los experimentos y alojados en jaulas metabólicas individuales para la separación de las heces y la orina. En el experimento 1, los borregos fueron alimentados con una ración basal de heno de pasto estrella de África (*Cynodon nlemfuensis*; 4,3% PC y 69,4% FDN) y se incorporaron cuatro niveles (0, 10, 20 y 30% base seca) de follaje seco de *G. sepium*. En el experimento 2, los borregos fueron alimentados con una ración basal de heno de pasto guinea (*Panicum maximum*; 5,6% PC y 80,0% FDN) y se incorporaron cuatro niveles (0, 15, 30 y 45% base seca) del follaje seco de *B. alicastrum*. En el experimento 3, la dieta basal fue heno de pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*; 4,0% PC y 78,2% FDN) y se incorporó un nivel fijo (30% en base seca) de la ración como follaje seco de *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* o *E. tinifolia*. En este último experimento las raciones fueron

isonitrogenadas con urea (mezclada con 78g de melaza de caña) y se suplementó a razón de 10 g/kg^{0,75}/d de maíz molido. El follaje de *B. alicastrum* fue cosechado en San José Tzal, Yucatán y el de *G. ulmifolia* y *E. tinifolia* en Tzucacab, Yucatán. El follaje de los árboles en los tres experimentos fue secado al sol y posteriormente molido en un molino de martillos. En los experimentos se midieron una o varias de las siguientes variables de respuesta: consumo voluntario de materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína cruda (PC), y fibra detergente neutro (FDN); digestibilidad aparente *in vivo*; tasa y extensión de la digestión ruminal *in situ*; aporte de nitrógeno (N) microbiano al intestino delgado con la técnica de los derivados de purinas en orina; cinética de líquidos (PEG) y sólidos (fibra mordantada con Cr); concentración de NH₃; pH en el líquido ruminal; y el patrón de fermentación ruminal. El consumo voluntario se midió como la diferencia entre el alimento ofrecido y rechazado al día siguiente. La digestibilidad aparente *in vivo* se midió por medio de la técnica de recolección total de heces. La tasa y extensión de la digestión ruminal se midió con la técnica de la bolsa de fibra artificial (Orskov *et al.*, 1980). El aporte de nitrógeno microbiano al intestino delgado se estimó con la técnica de derivados de purinas en orina descrita por Chen *et al.* (1990) empleando el modelo $Y = 0,84 X + (0,150 PV^{0,75} e^{-0,25X})$. La cinética de líquidos se estimó con el marcador de fase líquida polietilenglicol 4000 (Ferreiro, 1990) y la tasa de pasaje de sólidos con fibra mordantada con Cr siguiendo los procedimientos descritos por Udén, Colucci y van Soest (1980). Se empleó el modelo de dos compartimientos ($Y = Ae^{-k_1(t-TT)} - Ae^{-k_2(t-TT)}$; $t \equiv TT$) sugerido por Grovum y Williams (1973) para estimar la tasa de pasaje por el rumen (k_1) y la tasa de pasaje por el ciego y colon proximal (k_2). La concentración de NH₃ en el líquido ruminal se determinó con un electrodo de ionespecífico. La proporción molar de los ácidos grasos volátiles (AGV) en el líquido ruminal se determinó con un cromatógrafo de gases. Los tres experimentos fueron en diseño de cuadrado latino 4 X 4.

Experimento con bovinos

En el experimento 4, se utilizaron cuatro toros cruzados (*Bos indicus* X *Bos taurus*) de 300kg de peso vivo fistulados en el rumen con cánulas de plastisol de 10cm de diámetro interno. Los toros estuvieron en pastoreo de *C. nlemfuensis* en una unidad de producción bovina ejidal (El Herradero) en el municipio de Simojovel, Chiapas. Donde con un enfoque de

investigación participativa, los socios ganaderos de diversas comunidades Maya-Tzotziles tomaron parte en las diferentes etapas del estudio. Se evaluó la digestión ruminal de la MS por medio de la técnica de la bolsa de fibra artificial de las siguientes especies de árboles y arbustos forrajeros usados por productores ganaderos indígenas: *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Thitonia longiradiata*, *Erythrina mexicana*, *Cassia spectabilis*, *Gliricidia sepium* y *Calliandra houstoniana*. Las bolsas de digestión ruminal (10 x 20cm; 53mm de poro) se incubaron en bolsas grandes de corsetería dentro del rumen (6, 12, 24, 48, 72 y 96 h) y fueron retiradas al mismo tiempo y lavadas en una lavadora (5 ciclos) hasta que el agua de lavado salió clara. Las bolsas se secaron en una estufa de aire forzado a 60°C durante 72h. La desaparición de la materia seca, materia orgánica o proteína cruda fueron calculadas como la diferencia entre el material incubado y el material residual. Los resultados de desaparición ruminal fueron incorporados al modelo $p = a+b(1-\exp^{-ct})$ propuesto por Orskov y McDonald (1979) para estimar la tasa y extensión de la digestión ruminal de los diferentes componentes del follaje.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química

La composición química de algunas de las especies de árboles y arbustos disponibles para la alimentación de rumiantes en el sur de México se muestra en el Cuadro 1. Todas las pruebas de alimentación fueron realizadas con follaje secado al sol.

En términos generales los árboles forrajeros tienen una concentración aceptable de proteína cruda por lo que el follaje puede ser cultivado y empleado como suplemento en épocas de escasez de forraje (sequía) en la finca. El Cuadro 1 muestra que la concentración de proteína cruda en *B. alicastrum* es de alrededor de 15%, y tiene una baja concentración de FDN. La concentración de FDN y FDA en *E. tinifolia* es relativamente alta comparada con la de las otras especies forrajeras. *T. longiradiata* (cosechada en Chiapas, México) tiene un excelente nivel de proteína cruda, sin embargo la concentración de proteína en *L. leucocephala* parece ser relativamente baja comparada con la concentración presente en las variedades de la Península de Yucatán. Cabe resaltar, la baja concentración de proteína cruda de *G. ulmifolia* cosechada en Chiapas

comparada con la *G. ulmifolia* cosechada en Yucatán, así como entre la *G. sepium* originaria de Chiapas y la *G. sepium* de Yucatán, lo que sugiere variación en la composición química debido a sitio, edad del árbol, etc. La mayoría de las especies estudiadas tiene una concentración relativamente baja de fibra detergente neutro, con excepción de *E. tinifolia*.

Cuadro 1

Composición química (%) de algunas especies de árboles y arbustos presentes en el sur de México.

	MO	PC	FDN	FDA
<i>B. alicastrum</i> *	90,4	15,7	37,5	28,5
<i>B. alicastrum</i> *	77,0	14,8	40,4	28,9
<i>G. ulmifolia</i> *	77,5	18,1	45,1	28,9
<i>E. tinifolia</i> *	79,6	15,7	65,7	45,8
<i>G. sepium</i> *	91,5	19,3	35,7	21,8
<i>T. longiradiata</i> **	85,8	23,6	44,5	32,7
<i>L. leucocephala</i> **	91,9	18,6	34,6	18,2
<i>E. mexicana</i> **	92,2	12,4	50,6	32,4
<i>C. houstoniana</i> **	90,2	12,9	48,4	35,6
<i>C. spectabilis</i> **	94,5	15,2	41,4	20,7
<i>G. ulmifolia</i> **	93,4	9,5	47,0	31,8
<i>G. sepium</i> **	95,0	13,5	41,1	20,0

* Cosechadas en Yucatán. ** Cosechadas en Chiapas.

Consumo voluntario

El consumo voluntario es uno de los mejores indicadores del valor nutritivo de un alimento para rumiantes (Minson, 1990). La incorporación de niveles crecientes del follaje de especies arbóreas (*G. sepium*; *B. alicastrum*) incrementó el consumo voluntario de materia seca (CVMS) y de materia orgánica (CVMO) en ovinos Pelibuey (Cuadro 2). El incremento en el CVMS no se debió a una mejora en la tasa o extensión de la digestión ruminal de la ración basal de pasto tropical (Cuadro 5) como resultado de un mejor ambiente (NH_3) y cinética ruminal (tasa de pasaje), sino más bien a la alta digestión ruminal de la materia orgánica de las especies arbóreas *per se* (Cuadro 4), la cual era fermentada extensamente en el rumen e inducía un mayor consumo de alimento. El follaje de *B. alicastrum*, *G. sepium* o *G. ulmifolia* es apetecido y

consumido sin problemas por el ganado. El incremento observado en el CVMS indica que la incorporación de especies arbóreas autóctonas, representa una buena alternativa para mejorar el comportamiento animal, al incrementarse el consumo de materia orgánica fermentable en el rumen. No obstante, es probable que el follaje de árboles tenga que ir acompañado de una fuente de energía de rápida disponibilidad ruminal

Cuadro 2

Consumo voluntario de MS y MO (g/d) en ovinos Pelibuey con niveles crecientes de *G. sepium* o *B. alicastrum*.

	Estrella	Estrella+10 % <i>Gliricidia</i>	Estrella + 20% <i>Gliricidia</i>	Estrella +30% <i>Gliricidia</i>	E.E
Consumo MS	678,3	707,2	950,1	1039,6	92,4P<0,01
Consumo MO	606,9	627,1	836,1	921,3	80,4P<0,01
	Guinea	Guinea + 15% <i>Brosimum</i>	Guinea + 30% <i>Brosimum</i>	Guinea +45% <i>Brosimum</i>	E.E
Consumo MS	511,0	848,0	1106,0	1313,0	106,0P<0,01
Consumo MO	464,0	758,0	1032,0	1191,0	80,0P<0,01
	Taiwán	Taiwán +30% <i>Brosimum</i>	Taiwán +30% <i>Guazuma</i>	Taiwán +30% <i>Ehretia</i>	E.E
Consumo MS	809,0	1014,0	923,0	846,0	61,1NS
Consumo MO	771,0	949,0	870,0	771,0	70,2NS

Adaptado de: Valdivia y Ku, (1996); Ramírez y Ku, (1997); Alayón *et al.*, (1998).

para maximizar la síntesis de proteína microbiana en el rumen (Sauvant y van Milgen, 1995). Por ejemplo, Pérez, Zapata y Sosa (1995) trabajando en Chetumal, México, reportaron una ganancia de peso de sólo 45 g/d en ovinos (Pelibuey y Blackbelly) alimentados exclusivamente con forraje de *B. alicastrum*, mientras que cuando se ofreció *B. alicastrum* junto con maíz molido, la ganancia de peso se incrementó hasta 75 g/d, es posible que la incorporación del maíz en este experimento resultara en una mayor síntesis de proteína microbiana en el rumen con una probable mejoría en la digestión ruminal y el consumo voluntario. No obstante, es importante encontrar el nivel de incorporación del follaje donde el consumo voluntario alcanza su nivel máximo. En el experimento 3 no se detectaron diferencias significativas en el consumo de MS o MO entre tratamientos, sin embargo existió una tendencia hacia un mayor consumo cuando el *P. purpureum* fue suplementado con follaje de árboles (*B. alicastrum* y *G. ulmifolia*).

Tasa y extensión de la digestión ruminal

Los estudios de digestión *in situ* representan una técnica rápida y poderosa para caracterizar el valor potencial de un alimento para los rumiantes (Orskov *et al.*, 1980; Mertens, 1993). Algunos de los resultados de digestión ruminal obtenidos con especies de árboles y arbustos en nuestra facultad se muestran a continuación.

El Cuadro 3 indica que la extensión de la digestión ruminal de la MS de *C. houstoniana* es muy baja, lo que podría limitar su uso como una especie a ser empleada en la alimentación de los rumiantes. Larbi *et al.* (1996) reportaron un rango de 50 a 83% para la extensión de la digestión ruminal de la MS de siete especies (20 variedades) de *Erythrinas* en Africa, sin embargo, la digestión ruminal de *E. mexicana* (53,78%) está en el rango inferior reportado por los autores arriba mencionados. Por otro lado, el follaje de *T. longiradiata* tiene una excelente digestión ruminal lo cual sugiere un buen potencial para ser empleada en la alimentación animal. Se requiere de mayor información en relación al consumo voluntario de estas especies arbóreas para evaluar su potencial real para la producción animal. Estos estudios han sido complementados con la medición de la concentración de NH₃ en el rumen y durante este año (1998) se realizarán mediciones de la producción de gas *in vitro* con las mismas especies.

Cuadro 3

Tasa y extensión de la digestión ruminal de la MS de árboles y arbustos presentes en Simojovel, Chiapas.

	Tasa de digestión(/h)	Extensión de digestión(%)
<i>L. leucocephala</i>	0,023	73,27
<i>T. longiradiata</i>	0,051	93,62
<i>E. mexicana</i>	0,069	53,78
<i>G. ulmifolia</i>	0,028	70,43
<i>C. houstoniana</i>	0,022	38,55
<i>C. spectabilis</i>	0,081	76,12
<i>G. sepium</i>	0,056	73,25

Fuente: G. Jiménez, resultados no publicados

El Cuadro 4 indica claramente que la extensión de la digestión ruminal de la PC de *B. alicastrum*, *G. sepium* y *G. ulmifolia* es alta, lo que resulta en

un incremento en la concentración de NH_3 en el rumen, estimulando probablemente la síntesis de proteína por la población microbiana y el aporte de nitrógeno (N) microbiano al intestino delgado (Cuadro 7). Estas tres especies representan una excelente fuente de proteína cruda durante la estación de seca para los rumiantes en el sur de México. El follaje de *B. alicastrum* se emplea desde hace muchos años como alimento para ganado lechero y de carne en Yucatán y puede ser adquirido en las forrajeras la mayor parte del año. Por otro lado, el suministro de proteína

Cuadro 4

Tasa y extensión de la digestión ruminal de MS, MO y PC de árboles forrajeros disponibles en Yucatán.

Especie	Materia seca		Materia orgánica		Proteína cruda	
	Tasa (/h)	Extensión (%)	Tasa (/h)	Extensión (%)	Tasa (/h)	Extensión (%)
<i>B. alicastrum</i> *	0,105	86,85	0,105	86,62	0,113	95,19
<i>B. alicastrum</i> +	0,059	88,30	0,049	90,70	0,057	93,30
<i>G. ulmifolia</i> +	0,051	70,80	0,050	69,40	0,045	83,60
<i>E. tinifolia</i> +	0,019	39,40	0,021	27,50	0,140	45,50
<i>G. sepium</i> #	0,106	91,21	0,096	87,77	0,120	94,50

*Valdivia y Ku, 1996; + Ramírez y Ku, 1997; # Alayón *et al.*, 1998.

de *E. tinifolia* al rumen es baja debido a la limitada digestión ruminal de la PC de esta especie.

No debe de descartarse la posible presencia de algún factor antinutricional (e.g. taninos) en *E. tinifolia* que pudiera limitar la digestión ruminal de la proteína cruda, aunque esto no ha sido explorado a la fecha en el laboratorio. Esta última especie no parece tener mucho potencial para ser empleada en la alimentación práctica de los rumiantes a nivel de finca, dada la baja digestión ruminal de la PC de la misma. La solubilidad (tiempo cero) de la PC corregida para escape de partículas pequeñas de la bolsa (López *et al.*, 1994) para *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* y *E. tinifolia* fue de 22,4, 17,3 y 21,4% y la extensión de la digestión ruminal de la FDN fue de 79,7, 52,2 y 18,5% respectivamente. Es evidente la alta fermentación ruminal de la fibra de *B. alicastrum* y la muy baja fermentación ruminal de la fibra de *E. tinifolia*. El acuerdo en la extensión de la digestión ruminal de la PC del *B. alicastrum* en los experimentos de Valdivia y Ku (1996) y en el de Ramírez y Ku (1997) es

excelente (Cuadro 4). Lo mismo se aplica para la extensión de la digestión ruminal de la MS de la *G. ulmifolia* evaluada por G. Jiménez (resultados no publicados) en Chiapas (Cuadro 3) y aquella evaluada por Ramírez y Ku (1997; Cuadro 4) en Yucatán. Es evidente que el follaje de *B. alicastrum* proporciona MO altamente fermentable al rumen, la extensión de la digestión ruminal de la MO del *B. alicastrum* fue de 86,6%.

Efecto de los árboles forrajeros sobre la extensión de la digestión ruminal (%) de los pastos tropicales de baja calidad

La posibilidad de incrementar el consumo voluntario y la digestión ruminal de pastos tropicales por medio de la suplementación con follaje de árboles y arbustos de buena calidad, es un aspecto de gran relevancia práctica. El Cuadro 5 resume los resultados obtenidos, cuando se incubaron en el rumen, muestras de pastos tropicales en ovinos que fueron suplementados con follaje de buena calidad provenientes de árboles.

Cuadro 5

Efecto de la incorporación de niveles crecientes de follaje de árboles forrajeros sobre la extensión de la digestión ruminal (MS) de los pastos Estrella y Guinea en ovinos Pelibuey.

	Estrella	Estrella+10% <i>Gliricidia</i>	Estrella+20% <i>Gliricidia</i>	Estrella+30% <i>Gliricidia</i>
Extensión de la digestión(%)	63,8	65,4	64,4	64,7
	Guinea	Guinea +15% <i>Brosimum</i>	Guinea +30% <i>Brosimum</i>	Guinea +45% <i>Brosimum</i>
Extensión de la digestión(%)	41,5	40,6	39,9	38,6

Adaptado de Alayón *et al.*, 1998; y Valdivia y Ku, 1996.

El Cuadro 5 muestra que la incorporación de niveles crecientes de árboles forrajeros en una ración basal de pasto tropical de muy baja calidad (4-5% PC; 80% FDN) no tuvo un efecto positivo sobre la extensión de la digestión ruminal de la MS del pasto; lo que indica, que el incremento registrado en el consumo voluntario de alimento cuando el follaje de árboles fue incluido en la ración se debió fundamentalmente a la alta tasa y extensión de la digestión ruminal de los árboles *per se* y no a una

mejora en la digestión ruminal de la ración basal. Estos resultados demuestran que es difícil catalizar la digestión ruminal de gramíneas de muy baja calidad a través de la suplementación con follaje de árboles o arbustos. El alto contenido de paredes celulares del pasto de baja calidad, aunado a la lignificación de la pared celular, se convirtieron quizás en severas limitantes para el mejoramiento de la digestión ruminal de la ración basal. Asimismo, es probable que el suministro de nitrógeno (NH_3) de alta degradabilidad ruminal proveniente de la fermentación del follaje arbóreo deba de ir acompañado de una fuente de energía rápidamente disponible (Sauvant y van Milgen, 1995) para lograr modificar positivamente la digestión de la ración basal.

Concentración de NH_3 en el líquido ruminal

El Cuadro 6 muestra que la incorporación de *G. sepium* y *B. alicastrum* en la ración de borregos Pelibuey incrementó significativamente la concentración de NH_3 en el rumen sobre el tratamiento control (sólo pasto), lo que indica que la extensión de la digestión de la PC de ambas especies es alta (Cuadro 4). La concentración de NH_3 en todos los tratamientos con incorporación de árboles forrajeros, estuvo por encima de la concentración sugerida por Satter y Slyter (1974) como apropiada para una buena fermentación del alimento consumido por los rumiantes. En el Experimento 3 sin embargo, la mayor concentración de NH_3 ruminal se observó en el tratamiento control (sin suplementación con arbóreas), no obstante, debe de recordarse que en este experimento los tratamientos fueron isonitrogenados con urea lo cual pudo haber cancelado el efecto de la suplementación con follaje arbóreo, con respecto al tratamiento control. Otra explicación para esto, es que es posible que el suministro de maíz molido en el tratamiento control (sin follaje arbóreo), haya determinado un mayor reciclaje de urea al rumen como ha sido sugerido por algunos autores (Obara *et al.*, 1991).

Aporte de N microbiano al intestino delgado

En rumiantes alimentados con forrajes tropicales la principal fuente de proteína para la producción animal proviene de aquella sintetizada por los microorganismos del rumen. Es por esto que es de suma importancia maximizar la cantidad de proteína microbiana que puede ser sintetizada por unidad (kg) de materia orgánica fermentada en el rumen, para así poder proveer al animal hospedero de la cantidad requerida de proteína

microbiana en el intestino delgado que cubra sus requerimientos de mantenimiento y de producción. El Cuadro 7 muestra algunos de los resultados obtenidos en relación al aporte de N microbiano al duodeno en ovinos suplementados con árboles forrajeros.

El Cuadro 7 indica que conforme se incrementaron los niveles de follaje de *G. sepium* y de *B. alicastrum* en la ración basal de pasto tropical de baja calidad (estrella o guinea), el aporte de N microbiano al intestino delgado de los borregos se incrementó linealmente, lo cual sugiere que la proteína cruda de las especies arbóreas estaba siendo utilizada a nivel

Cuadro 6

Concentración de NH₃ (mg/100 ml) en el líquido ruminal de ovinos alimentados con árboles forrajeros de Yucatán.

	Estrella	Estrella+10% <i>Gliricidia</i>	Estrella+20% <i>Gliricidia</i>	Estrella+30% <i>Gliricidia</i>
NH ₃ ruminal (mg/100 ml)	6,84	9,0	10,7	12,3
	Guinea	Guinea +15% <i>Brosimum</i>	Guinea +30% <i>Brosimum</i>	Guinea +45% <i>Brosimum</i>
NH ₃ ruminal (mg/100 ml)	6,58	10,3	11,2	17,1
	Taiwán	Taiwán +30% <i>Brosimum</i>	Taiwán +30% <i>Guazuma</i>	Taiwán +30% <i>Ehretia</i>
NH ₃ ruminal (mg/100 ml)	17,0	15,7	12,3	13,7

Adaptado de: Alayón *et al.*, (1998); Valdivia y Ku (1996) y Ramírez y Ku, (1997).

Cuadro 7

Aporte de N microbiano (g/d) al intestino delgado en ovinos Pelibuey alimentados con follaje de especies arbóreas.

	Estrella	Estrella+10% <i>Gliricidia</i>	Estrella+20% <i>Gliricidia</i>	Estrella+30% <i>Gliricidia</i>
Aporte N microbiano al intestino (g/d)	4,9	5,4	8,4	9,6
	Guinea	Guinea +15% <i>Brosimum</i>	Guinea +30% <i>Brosimum</i>	Guinea +45% <i>Brosimum</i>
Aporte N microbiano al intestino (g/d)	2,2	4,9	7,9	9,7
	Taiwán	Taiwán +30% <i>Brosimum</i>	Taiwán +30% <i>Guazuma</i>	Taiwán +30% <i>Ehretia</i>
Aporte N microbiano al intestino (g/d)	6,6	6,5	5,5	5,7

Adaptado de: Alayón *et al.*, (1998); Valdivia y Ku, (1996); Ramírez y Ku, (1997).

ruminal para la síntesis de proteína microbiana. El incremento observado en la concentración de NH_3 ruminal conforme el nivel de follaje de árboles aumentó ayuda a soportar esta teoría. No obstante en el Experimento 3 el suministro de un nivel fijo de follaje arbóreo no mejoró el aporte de N microbiano al intestino delgado en relación a la ración control, aunque es necesario apuntar que en este experimento las raciones fueron isonitrogenadas con urea, lo cual pudo haber determinado una mayor disponibilidad de N soluble para la población microbiana ruminal (en el tratamiento control), cancelando así los efectos (positivos) esperados con la incorporación de las especies arbóreas.

Patrón de fermentación

La proporción molar de los ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal (patrón de fermentación) representa un indicador del tipo de sustrato energético (C_2 , C_3 o C_4) que estará disponible a nivel metabólico para las funciones de mantenimiento y síntesis (proteína, grasa) en el animal. En raciones basadas en forrajes tiende a predominar un nivel alto de ácido acético en el líquido ruminal, mientras que en raciones con niveles altos de granos la proporción molar del ácido propiónico tiende a elevarse. El Cuadro 8 muestra el patrón de fermentación en el líquido ruminal de borregos Pelibuey a los que se les proporcionó niveles crecientes de *B. alicastrum*.

Cuadro 8

Proporción molar (mmoles/100 mmoles) de ácidos acético, propiónico y butírico en el líquido ruminal de ovinos alimentados con niveles crecientes de *B. alicastrum* suplementado a una ración basal de pasto guinea (*P. maximum*) de baja calidad.

	Nivel de incorporación de <i>B. alicastrum</i> en la ración (% base seca)			
	0	15	30	45
Acido acético	74,8	73,1	73,4	72,2
Acido propiónico	16,2	17,7	16,4	16,0
Acido butírico	7,0	7,2	7,9	8,6

Adaptado de: Valdivia y Ku, (1996).

Como era de esperarse, no se encontraron diferencias sustanciales en la proporción molar de los tres principales ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal de ovinos alimentados con diferentes niveles de *B. alicastrum* en la ración. El ácido acético predominó en el rumen, con proporciones bajas de los ácidos propiónico y butírico. Por medio del balance de fermentación propuesto por Hungate (1966), se calculó la eficiencia de retención de la energía de la glucosa fermentada en el rumen a energía en los AGV, este valor se mantuvo constante en alrededor de 71-72% en todos los tratamientos con o sin incorporación de *B. alicastrum*. Se sabe que cuando se incorporan concentrados en la ración, la eficiencia de conversión de glucosa a AGV puede llegar hasta valores de 80-82% (Orskov *et al.*, 1968), lo cual tiende a mejorar la eficiencia de utilización de la energía metabolizable.

Tasa de pasaje de líquidos y sólidos

En el Cuadro 9 se observa que la tasa de pasaje de líquidos y sólidos por el rumen se incrementó linealmente conforme se aumentó el nivel de incorporación de *B. alicastrum* en la ración. Situación inversa ocurrió con el tiempo de retención de la digesta en el rumen y en el intestino grueso. La mayor tasa de pasaje de sólidos por el rumen permitió a los animales consumir una mayor cantidad de MS a través de un vaciado más rápido de este órgano. Asimismo, se puede observar que la tasa de recambio del rumen y el flujo de líquidos se incrementaron conforme se aumentó el nivel de *B. alicastrum*. Bonsi *et al.*, (1994) han reportado un incremento en la tasa de pasaje en respuesta a la suplementación con *Sesbania sesban* y *L. leucocephala* en ovinos alimentados con rastrojo de baja calidad. Es importante recordar que a mayor tasa de pasaje por el rumen la eficiencia de síntesis microbiana en el rumen tiende a mejorarse debido al menor

requerimiento de nutrientes (energía) para el mantenimiento y crecimiento de la población microbiana ruminal (Harrison y McAllan, 1980).

Cuadro 9

Cinética de la digesta sólida y líquida en ovinos Pelibuey alimentados con niveles crecientes de *B. alicastrum* incorporados a una ración basal de pasto guinea (*P. maximum*) de baja calidad.

	Nivel de incorporación de <i>B. alicastrum</i> en la ración (% BS)				Efecto lineal
	0	15	30	45	
k_1 (%/h)	1,47	2,75	2,80	4,12	***
k_2 (%/h)	3,85	7,25	6,30	7,60	*
TRR (h)	68,02	36,36	35,74	24,27	**
TRCCP (h)	25,97	13,79	15,87	13,15	*
Flujo de líquidos (l/h)	0,98	1,03	1,59	2,46	**
Tasa de recambio de líquidos (veces/d)	2,15	2,73	3,49	4,78	**

k_1 = Tasa de pasaje por el rumen. k_2 = Tasa de pasaje por el ciego y colon proximal. TRR = Tiempo de retención en el rumen. TRCCP = Tiempo de retención en el ciego y colon proximal. Adaptado de: Valdivia y Ku, (1996).

Digestibilidad aparente in vivo de MS y MO

El Cuadro 10 muestra que la incorporación del follaje de *G. sepium* y *B. alicastrum* mejoraron la digestibilidad aparente de la MS de la ración total proporcionada a los borregos. La mejora en la digestibilidad con la incorporación de follaje arbóreo se debe probablemente a la alta tasa y extensión de la digestión ruminal de las especies arbóreas *per se*.

Cuadro 10

Digestibilidad aparente *in vivo* (%) de MS y MO en ovinos Pelibuey suplementados con follaje de árboles y arbustos.

	Estrella	Estrella +10% <i>Gliricidia</i>	Estrella +20% <i>Gliricidia</i>	Estrella + 30% <i>Gliricidia</i>
DigestibilidadnMS	43,7	45,6	47,9	50,7
Digestibilidad MO	48,4	48,8	52,3	54,7
	Guinea	Guinea +15% <i>Brosimum</i>	Guinea +30% <i>Brosimum</i>	Guinea +45% <i>Brosimum</i>
Digestibilidad MS	35,7	45,1	46,9	49,6
Digestibilidad MO	40,5	49,2	49,4	52,0
	Taiwán	Taiwán +30% <i>Brosimum</i>	Taiwán +30% <i>Guazuma</i>	Taiwán +30% Ehreti
Digestibilidad MS	37,2	46,8	41,3	33,6
Digestibilidad MO	44,3	53,7	50,6	41,1

Adaptado de: Alayón et al., 1998; Valdivia y Ku, 1996; y Ramírez y Ku, 1997.

En la FMVZ-UADY en Mérida, también se han empleado técnicas de digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963) para estudiar el valor nutritivo de los árboles y arbustos forrajeros autóctonos. La digestibilidad *in vitro* de la MS del follaje de *G. sepium* y *B. alicastrum* fue de 74,2 y 61,3% respectivamente (Armendáriz, J. Solorio y J. Ku; resultados no publicados), siendo valores más altos que los encontrados en el nivel superior de incorporación (30 y 45%) de follaje en los experimentos 1 y 2 de este trabajo. En el Experimento 3 la incorporación de *B. alicastrum* y *G. ulmifolia* mejoró la digestibilidad de la ración total, aunque la incorporación de *E. tinifolia* redujo la digestibilidad aparente de la MS de la ración, por debajo del valor observado para el tratamiento control de sólo pasto *P. purpureum* de baja calidad, esto se pudo deber a la presencia de algún factor antinutricional (taninos) o a la elevada concentración de paredes celulares en el follaje de *E. tinifolia*. La digestibilidad *in vitro* de la MS del follaje de *G. ulmifolia* fue de 37,9% (I. Armendáriz, J. Solorio y J. Ku; resultados no publicados), un resultado comparable al valor de 41,3% (con 30% de incorporación de *G. ulmifolia*) reportado en este trabajo (Experimento 3). Yerena *et al.* (1978) reportaron la digestibilidad aparente *in vivo* de la MS del *B. alicastrum* de 67,1%. Sin embargo, Figueras (1949) encontró un valor de digestibilidad aparente más bajo para la MS del *B. alicastrum* (55,4%). La técnica de digestibilidad *in vitro* en dos etapas (Tilley y Terry, 1963), representa una alternativa rápida y

económica para conocer el valor nutritivo de las especies de árboles y arbustos (Sotelo *et al.*, 1995) disponibles para los rumiantes en el trópico.

COMENTARIOS FINALES

El mecanismo de acción del follaje de árboles y arbustos a nivel ruminal puede describirse como sigue: el consumo voluntario de MS y MO en rumiantes se incrementa cuando se suplementa con follaje de árboles y arbustos debido a la alta tasa y extensión de la digestión ruminal del follaje *per se* y no a una mejora en la digestión ruminal de la ración basal (pasto). Debido al incremento en el consumo voluntario de MS, la tasa de pasaje del rumen (e.g. k_1 , flujo de líquidos) se incrementa, induciendo una salida mayor de digesta y dando lugar a un mayor espacio físico en el rumen, lo que provoca el estímulo para el consumo de alimento. El aumento en la cinética ruminal podría incrementar la eficiencia de síntesis de proteína microbiana en el rumen, lo que puede a su vez reflejarse en un mayor aporte de N microbiano al intestino delgado. La proteína cruda contenida en el follaje de *G. sepium*, *B. alicastrum* y *G. ulmifolia* es fermentada extensamente en el rumen, lo que induce un aumento en la concentración de NH_3 en este órgano. El NH_3 en el rumen es usado para crecimiento de la población microbiana y esto puede dar lugar a un incremento en el aporte de N microbiano al intestino delgado. La incorporación del follaje de árboles y arbustos mejora la digestibilidad aparente de la ración total. El follaje de *E. tinifolia* no ofrece buenas características forrajeras para la alimentación de los rumiantes. La técnica de digestión *in situ* representa una herramienta rápida y poderosa para caracterizar el potencial nutritivo de las especies arbóreas como se infiere del estudio con bovinos realizado en un rancho ejidal en Simojovel, Chiapas; donde se pudieron distinguir con claridad las diferencias en la extensión de digestión ruminal de la MS entre especies de árboles y arbustos. Se requiere de más investigación para diseñar sistemas de alimentación donde diferentes árboles o arbustos puedan incorporarse a la ración dependiendo de la disponibilidad, estación, costo, valor nutritivo relativo, etc., sin afectar el comportamiento productivo de los animales. Para esto será necesario conocer el valor de sustitución (intercambio) entre árboles. Bajo situaciones donde existe disponibilidad de varios árboles para la alimentación animal, sería interesante evaluar el efecto de la alimentación de mezclas de diferentes árboles sobre la digestión

ruminal y el suministro de nutrientes críticos al rumen (NH_3 , minerales, azufre) y al intestino delgado (amino ácidos). La selectividad ejercida por los rumiantes durante el ramoneo, es un área que merece también atención; por ejemplo, L. Ortega (comunicación personal) encontró que los bovinos (canulados en el esófago) que se encontraban ramoneando en selva baja (y árboles intercalados de cedro y *B. alicastrum*) en Mocochoá, Yucatán, eran capaces de consumir una dieta con un 14% de PC durante la estación de seca. Esto podría indicar que los bovinos ramoneando en selva baja equilibran su ración de acuerdo a sus requerimientos y a la disponibilidad de alimento (frutos, hojas, tallos tiernos, etc). El trabajo de investigación sobre árboles y arbustos en la FMVZ-UADY en Mérida, está encaminado a identificar las especies más apropiadas nutricionalmente para ser empleadas en la alimentación de los rumiantes. Actualmente se está realizando un experimento en Villaflores, Chiapas, con incorporación de follaje de *G. sepium* en raciones para toros en pastoreo de *C. nlemfuensis* midiendo el consumo voluntario, la tasa de pasaje, la degradación *in situ* y el aporte de N microbiano al intestino delgado. Metodologías más novedosas -como la técnica de producción de gas *in vitro*- ya fueron implementadas en la FMVZ-UADY, México, para complementar los estudios aquí descritos. No obstante, se debe de intentar un enfoque de investigación participativa en la misma finca o en unidades demostrativas diseñadas *ex profeso*, para los estudios de valor nutritivo de las especies de árboles y arbustos en rumiantes, con el fin de evaluar la viabilidad biológica, social y económica de las alternativas propuestas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr R. Godoy; Director de la FMVZ-UADY, por el apoyo económico para realizar los estudios. Se agradece a CONACYT por las becas para realizar estudios de maestría (J.A. Alayón, L. Ramírez Cancino) y doctorado (G. Jiménez Ferrer) en la FMVZ de la Universidad Autónoma de Yucatán.

Bibliografía

- Alayón, J.A. Ramírez Avilés, L. & Ku Vera, J.C. 1998. Intake, rumen digestion and microbial nitrogen supply in Pelibuey sheep fed *Cynodon nlemfuensis* and supplemented with foliage of *Gliricidia sepium*. *Agroforestry Systems*. (En prensa).
- Bonsi, M.L.K., Osuji, P.O., Nsahlai, I.V. & Tuah, A.K. 1994. Graded levels of *Sesbania sesban* and *Leucaena leucocephala* as supplements to teff straw given to Ethiopian Menz sheep. *Animal Production*. 59: 235-244.
- Chen, X.B., Orskov, E.R. & Hovell, F.D. 1990. Excretion of purine derivatives by ruminants: Endogenous excretions, differences between cattle and sheep. *British Journal of Nutrition*. 63:121-129.
- Enkerlin, E.C., Cano, G., Garza, R.A. y Vogel, E. 1997. *Ciencia Ambiental y Desarrollo Sostenible*. International Thomson Editores. México, 666p.
- Ferreiro, H.M. 1990. Técnicas usadas para medir la cinética de líquidos y sólidos en el tubo gastrointestinal. En: *Manual de Técnicas de Investigación en Rumiología*. A. Castellanos, G. Llamas y A. Shimada. (Eds.). Consultores en Producción Animal. México, pp. 79-93.
- Figueras, A.M. 1949. *Coeficientes de digestibilidad del ramón*. Tesis de Médico Veterinario Zootecnista, UNAM, México, 31p.
- Grovum, W.L. & Williams, V.J. 1973. Rate of passage of digesta in sheep. 4. Passage of marker through the alimentary tract and the biological relevance of rate-constants derived from the changes in concentration of marker in faeces. *B. J. Nutr.* 30:313-329.
- Harrison, D.G. & Mcallan, A.B. 1980. Factors affecting microbial growth yields in the reticulorumen. In: *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. MTP Press, Lancaster, England, Great Britain. pp205-226.
- Hungate, R.E. 1966. *The Rumen and Its Microbes*. Academic Press. London, U.K.
- Jarillo Rodríguez, J. Y Ramírez Avilés, L. 1997. Pastoreo intensivo y tradicional: Su influencia sobre el sistema suelo-planta-animal en el sureste de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 5 (Supl. 1): 72-75.
- Larbi, A., Kurdi, O.I., Said, A.N. & Hanson, J. 1996. Classification of *Erythrina* provenances by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agroforestry Systems*. 33:153-163.
- Loker, M.W. 1994. Where is the beef?: Incorporating cattle into sustainable agroforestry systems in the Amazon Basin. *Agroforestry Systems*. 25:227-241.
- López, S., France, J. & Dhanoa, M.S. 1994. A correction for particulate matter loss when applying the polyester-bag method. *British Journal of Nutrition*. 71:135-137.
- Martens, R.D. 1993. Rate and extent of digestion. In: *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. J.M. Forbes and J. France (Eds.). CAB International. Wallingford, UK. pp13-51.
- Minson, D.J. 1990. *Forage in Ruminant Nutrition*. Academic Press. San Diego, pp483.
- Obara, Y., Dellow, D.W. & Nolan, J.V. 1991. The influence of energy-rich supplements on nitrogen kinetics in ruminants. In: *Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminants*. T. Tsuda, Y. Sasaki and R. Kawashima (Eds.). Academic Press. San Diego, California, USA. pp515-539.

- Orskov, E.R. Flatt, W.P. & Moe, P.W. 1968. Fermentation balance approach to estimate extent of fermentation and efficiency of volatile fatty acid formation in ruminants. *Journal of Dairy Science*. 51:1429-1435.
- Orskov, E.R. & McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 96:499-503.
- Orskov, E.R., Hovell, F.D. Y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical*. 5:213-233.
- Pérez, J.D., Zapata, G. Y Sosa, E. 1995. Utilización del ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) como forraje en la alimentación de ovinos en crecimiento. *Agroforestería de las Américas*. 7:17-21.
- Ramírez Cancino, L. Y Ku Vera, J.C. 1997. Suplementación con follaje de árboles a ovinos alimentados con pasto taiwan: Consumo, digestión ruminal y suministro de nitrógeno microbiano al duodeno. *Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Veracruz 1997*. Veracruz, México. p111.
- Satter, L.D. & Slyter, L.L. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. *British Journal of Nutrition*. 32:199-208.
- Sauvant, D. & Van Milgen, J. 1995. Dynamic aspects of carbohydrate and protein breakdown and the associated microbial matter synthesis. In: *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction*. W. v. Engelhardt, S. Leonhard-Marek, G. Breves and D. Diessecke (Eds.). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, pp. 71-91.
- Sotelo, A., Contreras, E. & Flores, S. 1995. Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes of Yucatan Peninsula. *Plant Foods for Human Nutrition*. 47:115-123.
- Soto Pinto, M.L., Jiménez Ferrer, G. Y De Jong, B.H. 1997. La agroforestería en Chiapas. El caso de la región de Los Altos. En: *Los Altos de Chiapas: Agricultura y Crisis Rural*. Tomo 1. *Los Recursos Naturales*. M. Parra Vázquez y B.M. Hernández (Eds.). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, México. pp. 167-186.
- Tilley, J.M. & Terry, R.A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*. 28:104-111.
- Toledo, V., Batis, A.I., Becerra, R., Martínez, E. Y Ramos, H.C. 1995. La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*. 20:177-187.
- Topp, J.H. 1992. Potential, composition and use of legume shrubs and trees as fodders for livestock in the tropics. *Journal of Agricultural Science, Cambridge*. 118:1-8.
- Udén, P., Colucci, P.E. & Van Soest, P.J. 1980. Investigation of chromium, cerium and cobalt as markers in digesta. Rate of passage studies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 31:625-632.
- Valdivia Salgado, V. Y Ku Vera, J.C. 1996. Efecto del ramón (*Brosimum alicastrum*) sobre la digestión ruminal y el flujo de proteína microbiana en ovinos Pelibuey alimentados con pasto guinea (*Panicum maximum*). *Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Cuernavaca 1996*, Morelos, México. p. 267.
- Yerena, F., Ferreiro, H.M., Elliott, R., Godoy, R. Y Preston, T.R. 1978. Digestibilidad del ramón (*Brosimum alicastrum*), *Leucaena leucocephala*, pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y pulpa de bagazo de henequén (*Agave fourcroydes*). *Producción Animal Tropical*. 3:70-73.

Comentarios

Manuel Sánchez

La información presentada nos indica claramente que para el caso específico de pequeños rumiantes todos los parámetros se mejoran al substituir los pastos (alimento de bovinos) por follajes (alimento de herbívoros menores). Esto indicaría que el comportamiento animal (crecimiento, producción de leche y reproducción) debería mejorarse al consumir los animales una mayor proporción de hojas anchas. Desafortunadamente, los experimentos realizados no incluyen tratamientos con solo follaje de árboles ni con proporciones altas de estos. Tal vez, una substitución total de pastos por follaje de árboles no sea lo mejor, ni desde punto de vista biológico ni práctico, pero sí sería bueno saber donde está el punto de inflexión. Ciertamente parece más alto del 40%. Esto debería ser considerado seriamente en futuros experimentos de esta naturaleza. Como lo ha señalado J. Benavides anteriormente, lo más difícil es que los investigadores (y los productores) Latinoamericanos, acepten que los pastos pueden estar ausentes de la dieta de los rumiantes o que pueden solo representar una proporción mínima. Hay una fuerte inercia de los sistemas con pasto. Un contraste aún más marcado existe entre el nivel de conocimiento e interés por los sistemas silvopastoriles y su elemento esencial los árboles, con los que los productores bovinos practican a nivel de campo en la Península de Yucatán y en otras zonas de México. La extensión y las demostraciones de las posibilidades de los sistemas silvopastoriles o agroforestales son prácticamente inexistentes. ¿No valdría la pena salirse un poco del laboratorio, donde se pueden hacer experimentos muy sofisticados y relativamente baratos, y tratar de hacer mediciones aunque fueran más simples en experimentos montados en fincas? Tal vez lo que ahora estamos midiendo con mucha precisión, no sea relevante para aumentar la utilidad de los sistemas a nivel de productor y de la mejora de su nivel de vida.

Juan Ku

Sobre los comentarios de Manuel Sánchez

Coincido con M. Sánchez cuando menciona que la «substitución total de los pastos por follaje de árboles tal vez no sea lo mejor ni desde el punto de vista biológico ni práctico». De hecho, hay evidencia que sugiere que

este es precisamente el caso. Por ejemplo, Pérez *et al.* (1995) encontraron ganancias de peso inferiores (46g/d) en borregos que recibieron exclusivamente follaje de *Brosimum alicastrum* (un follaje de excelente calidad) en relación a los animales que recibieron follaje de *B. alicastrum* más un suplemento de concentrados (ganancias de peso de 77 g/d). El comentario de M. Sánchez acerca de que: «Hay una fuerte inercia de los sistemas con pasto» en México es pertinente. Los sistemas de producción ganadera en el sur de México están dominados con mucho por los pastos (naturales e introducidos) como fuente de alimento y es por eso que los esfuerzos de investigación deben estar encaminados a demostrar gradual y reiteradamente a los productores pecuarios (quienes principalmente cultivan pastos), evidencia científica de que los sistemas silvopastoriles representan una alternativa para la producción animal tropical con mayores elementos de sostenibilidad en el largo plazo. Desde el punto de vista de la nutrición de los rumiantes, la evidencia disponible actualmente, es insuficiente para dar recomendaciones prácticas a nivel de productor con sólidas bases científicas acerca de la utilización de una gran variedad de árboles y arbustos disponibles para la alimentación animal en la región tropical de México. Tengo la impresión de que el comentario de M. Sánchez cuando indica que: «lo más difícil es que los investigadores (y los productores) Latinoamericanos acepten que los pastos pueden estar ausentes de la dieta de los rumiantes», no es del todo justo. En este punto comparto un comentario anterior de D. Pezo en esta conferencia que dice: «Quienes participamos en esta conferencia electrónica creo que estamos convencidos de la necesidad de un cambio en nuestros sistemas ganaderos tradicionales....sin embargo, donde existen diferencias es en la estrategia para llegar a esa meta». Yo agregaría que los investigadores no tienen dificultad en aceptar lo anterior (que los pastos podrían estar ausentes de la dieta), pero resulta utópico pensar que dietas bajas en pastos para el ganado bovino (con altos niveles de follaje arbóreo) puedan hacerse realidad (de una forma masiva) en el sur de México en el corto o mediano plazo. En este sentido, muchos productores en el sur de México usan la selva baja como fuente de alimento para sus animales (donde éstos tienen la oportunidad de seleccionar de una amplia variedad de árboles y arbustos), aunque no están documentados los detalles desde el punto de vista nutricional, de dichas prácticas productivas. La labor de demostración y convencimiento a los productores, de los beneficios de los sistemas silvopastoriles en el sur de México llevará muchos años y la

participación de un buen número de actores (investigadores, extensionistas, etc.), efectivamente «la inercia por los pastos es todavía muy fuerte». Sin embargo, en el sentido de la evaluación y difusión de los sistemas silvopastoriles se están realizando esfuerzos modestos pero interesantes. Por ejemplo, los trabajos en sistemas silvopastoriles que estamos realizando en colaboración con investigadores de ECOSUR en Simojovel, Chiapas, México con enfoque de investigación participativa en unidades productivas ejidales (así como el trabajo de otros investigadores de ECOSUR, ver por ejemplo: Nahed *et al.*, 1997; Soto *et al.*, 1997), representan una vía que conduzca a demostrarle al pequeño productor las bondades acerca del uso de varias especies de árboles y arbustos tropicales en la producción animal. Por otro lado, en el norte de México, el uso de árboles y arbustos para la alimentación de los pequeños rumiantes es una actividad añeja y estas prácticas están siendo documentadas por investigadores de la Universidad Autónoma de Nuevo León, entre otros (Ramírez *et al.*, 1997). No obstante, creo que las recomendaciones prácticas al productor deben de estar sustentadas en la mejor evidencia científica disponible en cuanto a los mecanismos de acción de los árboles no sólo a nivel ruminal (consumo/digestión/metabolismo, etc.) sino a nivel del sistema de producción completo, o sea que involucren mediciones en el suelo, las plantas, el flujo de nutrientes entre componentes del sistema, el bienestar del productor (alimentación, ingreso, salud, etc.). No creo que «el salirse un poco del laboratorio y tratar de hacer mediciones aunque fueran más simples a nivel de finca», como menciona Manuel Sánchez sea un camino que deba seguirse de manera absoluta. De hecho un gran esfuerzo de investigación (en el laboratorio) se está realizando en la actualidad a nivel internacional para comprender cómo el follaje arbóreo puede ayudar a mejorar la eficiencia del sistema ruminal (ver por ejemplo: Leng, 1997), esfuerzos en la misma dirección se están realizando y deben de estimularse aún más en México. Creo que la implementación de equipos interdisciplinarios de investigación y extensión podría ayudar a hacer llegar la información generada a nivel laboratorio a los productores. El componente de investigación en nutrición de rumiantes dentro de los sistemas silvopastoriles en México, es todavía incipiente y el esfuerzo debe de ser reforzado. Es probable que los sistemas silvopastoriles sean una de las mejores alternativas para reemplazar los sistemas de ganadería extensiva basados en el monocultivo de pastos en el trópico de México,

sin embargo la metodología científica debe de ser empleada vigorosamente para demostrar la factibilidad (biológica, económica, etc.) de los sistemas alternativos propuestos. De esto dependerá en gran parte la adopción (masiva) por los productores de los sistemas alternativos en el mediano y largo plazo. El hecho de «montar experimentos a nivel de finca», sin duda ayuda a enfocar correctamente la naturaleza de los problemas planteados, pero no resolverá por completo los problemas que desde la perspectiva de la nutrición de los rumiantes enfrenta el productor, relativos al uso de los árboles y arbustos en la producción animal en el trópico mexicano.

- Leng, R.A. 1997. Tree Foliage in Ruminant Nutrition. FAO Animal Production and Health Paper 139. FAO, Rome, Italy.
- Nahed, J., Villafuerte, L., Grande, D., Pérez-Gil, F., Alemán, T. y Carmona, J. 1997. Fodder shrub and tree species in the highlands of Southern Mexico. *Animal Feed Science and Technology*. 68:213-223.
- Pérez, J.D., Zapata, G. y Sosa, E. 1995. Utilización del ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) como forraje en la alimentación de ovinos en crecimiento. *Agroforestería de las Américas*. 7:17-21.
- Ramírez, R.G., Hernández-Piñeiro, J.K. & Maiti, R.K. 1997. Nutritional profile and leaf surface structure of some native shrubs consumed by small ruminants in semiarid regions of Northeastern Mexico. *Journal of Applied Animal Research*. 11:145-156.
- Soto Pinto, M.L., Jiménez Ferrer, G. y de Jong, B.H. 1997. La agroforestería en Chiapas. El caso de la región de Los Altos. En: Los Altos de Chiapas: Agricultura y Crisis Rural. Tomo 1. Los Recursos Naturales. M. Parra V. y B.M Hernández (Eds.). El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. pp167-186.

Rogério Martins Mauricio

El artículo escrito por Mauricio Rosales en esta conferencia enfatiza muy claramente el potencial forrajero de los árboles y arbustos. Sin embargo, el mismo autor sostiene que la mayoría de las plantas (300 especies) contienen un número extremadamente grande de compuestos químicos, que influyen directamente el proceso digestivo de los animales. J.C. Ku Vera *et al.* en su artículo relacionado con árboles y arbustos para la producción animal en México, destacan la necesidad de profundizar la investigación en la determinación de la proporción ideal hojas/arbustos en la dieta para satisfacer las necesidades nutricionales de los animales. El enorme número de material forrajero a ser investigado, así como las interacciones entre estos, hacen necesario la determinación de una técnica *in vitro* que pueda ser utilizada para la evaluación de especies forrajeras, como un método inicial de selección. Al mismo tiempo, la técnica elegida

debe estar correlacionada con los resultados obtenidos in vivo, ser sensible a la toxicidad de los compuestos fenólicos, permitir analizar un gran número de muestras simultáneamente y ser de bajo costo. Los ensayos in vivo son tomados como referencia dentro de la evaluación de forrajeras. Sin embargo, son de alto costo y están limitados a un bajo número de muestras por experimento. Como primera opción in vitro, la técnica de Tilley y Terry (1963) muestra resultados en términos de materia orgánica degradada (OMD), pero no provee información acerca de la cinética de la degradación ruminal. La segunda opción es la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1979), la cual provee resultados de OMD altamente correlacionados con los obtenidos in vivo, y describe la dinámica ruminal. Sin embargo, necesita de animales fistulados (alto costo de mantenimiento), limitado número de muestras, pérdida de material sin fermentar a través de los poros de las bolsas. También no es adecuada para la evaluación de la acción de los compuestos fenólicos en el ambiente ruminal (Khazaal *et al.*, 1993). Como tercera opción, me gustaría enfatizar el uso de la técnica de producción de gas, descrita por Theodorou *et al.* (1994). Esta técnica está basada en la fermentación de sustratos en frascos de vidrio conteniendo medio de cultura e inóculo (microorganismos ruminales). Se describe, por medio de mediciones regulares del volumen de gas producido durante 96h de fermentación, el perfil de fermentación del sustrato. Basándose en el modelo de France *et al.* (1993), se determinan los parámetros como tasa de fermentación, potencial de fermentación, fase lag previa al inicio de la fermentación y extensión de la degradación. El material restante es filtrado y se calcula la OMD. Los resultados de OMD también están correlacionados con los resultados in vivo, así como también describe la cinética de la fermentación. Con la semi-automatización de esta técnica (Mauricio *et al.*, 1998), el número de sustratos que pueden ser analizadas por ensayo es de 70 (4 repeticiones por sustrato) aumentando considerablemente la capacidad de la técnica. Como ejemplo del uso del método, 24 diferentes fuentes de *Gliricidia sepium* y una de *Gliricidia maculata* (comunicación personal de J France), provenientes de diferentes países fueron cultivadas en Honduras y analizadas a través de la técnica de la producción de gas. Las 24 muestras fueron clasificadas en términos de producción de gas y se encogieron trece muestras. Gracias a la posibilidad de calcular los parámetros de la fermentación ruminal, se pudo calcular la extensión de la degradación. Clasificando las variedades analizadas, la variedad

Venezuela fue elegida por presentar la mayor tasa de degradación (Cuadro 1). Como conclusión, se evidencia la potencialidad de la técnica de la producción de gas para la evaluación de forrajes tropicales, contribuyendo de esta forma a los programas de investigación en especies forrajeras.

Cuadro 1

Extensión de la degradación (%) de follaje de árboles tropicales.

<u>Origen</u>	<u>Extensión de la degradación (%)</u>
México	32,66
Guatemala	32,01
Guatemala	26,71
Honduras	30,68
México	29,91
Guatemala	28,26
Costa Rica	31,44
Venezuela	33,73
Guatemala	27,45
Nicaragua	31,76
Tailandia	30,87
Honduras	31,05
México	29,38

France, J., Dhanoa, M.S., Theodorou, M.K., Lister, S.J., Davies, S.J. & Isac, D.(1993). A model to interpret gas accumulation profiles with in vitro degradation of ruminant feeds. *Journal of Theoretical Biology* 163:99-111.

Khazal, K., Markantonatos, K.; Nastis, & Orskov, E.R (1993). Changes with maturity in fibre composition and levels of extractable polyphenols in Greek browse: effects on in vitro gas production and in sacco dry matter degradation.

Mauricio, R., Dhanoa, M.S., Owen, E., Channa, K.S., Mould, F.L. & Theodorou, M.K. (1998). Semi-automation of the in vitro gas production technique using a pressure transducer. Paper no. 70, Annual meeting, British Society of Animal Science, 23-25th March 1998, Scarborough, England.

Orskov, E.R., Hovell, F.D.B. & Mould, F.(1980). The use of the nylon bag technique for evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5:195-213.

Theodorou, M.K., Willians, B.A., Dhanoa, M.S., Mcallan, A.B. & France, J.(1994). A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 48:185-197.

Tilley, J.M. & Terry, R.A.(1963). A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *Journal of British Grassland Society* 18:104-111.

Carlos Sandoval Castro.

Mauricio Rosales reconoce que Juan Ku ha planteado dos de los aspectos que tienen una importancia decisiva en el efecto asociativo: la tasa de pasaje y la fermentación de la materia orgánica y que la estrategia no es tratarlos como eventos aislados, sino reunidos en un índice que se ha denominado «índice de sincronización». Este índice contiene información no sólo sobre la cantidad y calidad de nutrientes sino también sobre su disponibilidad por hora y la tasa de pasaje del follaje. Sin embargo me gustaría tener mayor información sobre este «índice» para poder opinar al respecto. Si la propuesta de índice de sincronización es similar a lo que comunmente encontramos en la literatura al tratar de diseñar dietas asincronas y sincronizadas en liberación de proteína y energía. Tengo mis dudas al respecto. Especialmente bajo circunstancias prácticas. Estos índices a la fecha han producido resultados contrastantes (frecuentemente no funcionan!!). Existen dudas sobre el porque de este efecto. Pero es claro que es fiel reflejo de nuestra incapacidad de predecir el aporte de nutrientes de cada elemento participante en la dieta «sincronizada». Adicionalmente, bajo condiciones de «la vida real», frecuentemente los animales no comen en pocas comidas discretas, si no que distribuiran su consumo a lo largo del día (especialmente en silvopastoreo). Bajo estas condiciones es posible pensar e incluso tal vez modelar que la aparente falta de sincronía es solo un reflejo de estudiar comidas aisladas y no prestar atención a los efectos residuales de las comidas anteriores. Estaríamos hablando de una «sincronización retardada». Sin duda existirán múltiples enfoques sobre como abordar el problema, pero ciertamente aunque es mucho más fácil y tal vez «prioritario» como sugiere Manuel Sánchez el enfoque de «caja negra». Como poder responder con este enfoque la pregunta de muchos productores al consultar con el técnico y/o investigar que llega a la finca. Parafraseando la pregunta esta es la siguiente. ¿Con cuanto de este(os) árbol(es) suplo aquel(los) cuando no exista disponibilidad?

Cratylia argentea: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales

Pedro J. Argel y Carlos E. Lascano

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia

SUMMARY

Cratylia is a recently originated neotropical genera that has a natural distribution in the south of the river basin of the Amazon river and to the east of the mountain range of the Andes, occupying parts of Brazil, Peru, Bolivia and the north-east of Argentina. Of five species currently identified, *Cratylia argentea* has the most widespread distribution in South America. It's found in Brazil from the state of Pará, through the states of Mato Grosso and to Goiás in a north-south direction, and from Peru to the state of Ceará in an east-west direction. *C. Argentea* is a shrub that branches from the base of the stem and can reach 1.5 to 3.0m in height. The value of this tree has only recently been recognised in the evaluation of forage systems, despite the fact that during the last decade it has been evaluated in several sites with contrasting climatic and soil characteristics typical of the Latin American tropics. The shrub adapts well to semi-humid climates with 5 to 6 months dry periods and poor acid soils with high aluminium found in the tropical areas below 1,200 above sea level, nevertheless, the largest production of DM has been observed under humid tropic conditions with medium fertility soils. The yields are related to the age of the plant and planting density, yield can vary from 14 ton to more than 20 ton DM/ha/year. *C. argentea* readily grows back during the dry season and between 30 and 40% of the total yield of the plant is a result of regrowth occurring during this period due to the high foliar retention. *C. argentea* blooms and produces abundant seed which is

good quality and with very little latency. To date serious problems of plague or diseases in the shrub have not been identified. The edible material (leaves + fine stems) is high in protein (19-26%), but with intermediate and variable digestibility (40 to 55%) depending on the maturity. The consumption of *C. argentea* is low when the forage is immature and being offered fresh; nevertheless, the consumption is increased when the immature forage is dried, or left in the sun or when it is offered mature (fresh or sun dried), this has been attributed to a condensed tannin reduction. The supplementation of *C. argentea* to ruminants fed with forages of low quality improved (a) the consumption of the total diet, (b) the ruminal ammonium levels and (c) the flow and absorption of N in the lower digestive tract, even though substitution of the basal diet and diminution in the total digestibility of the diet was observed. With cows grazing on protein deficient graminaes, the supplementation of *C. argentea* in combination with sugar cane resulted in an increase (1.2 to 2.2 litres/d) in milk with increasing levels (0 to 75%) of the legume in the supplement. At the moment, the use of *C. Argentea* as the protein supplement for milking cows is being evaluated within the TROPILECHE consortium co-ordinated by CIAT and ILRI for dual purpose cows in sub-humid zones of Central America.

INTRODUCCIÓN

Las leguminosas forrajeras arbustivas tienen gran potencial para mejorar los sistemas de producción de rumiantes, particularmente en zonas subhúmedas (4 a 6 meses de sequía) del trópico. Las especies arbustivas producen más biomasa que las herbáceas, toleran mejor el mal manejo y tienen la capacidad de rebrotar y ofrecer forraje de buena calidad en localidades con sequías prolongadas. Las leguminosas arbustivas tienen además otros usos alternativos, tales como fuente de leña para uso doméstico y como barreras vivas rompe-vientos o para controlar erosión en zonas de ladera. Sin embargo, muchas de las leguminosas arbustivas conocidas e investigadas ampliamente (*Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana*) están marginalmente adaptadas a suelos ácidos y sequía prolongada. Entre las leguminosas arbustivas evaluadas en suelos ácidos por el CIAT, sobresalió *Cratylia argentea* (Desv) O. Kuntze (Perdomo, 1991).

C. argentea es un arbusto nativo de la Amazonia, de la parte central de Brasil y de áreas de Perú, Bolivia y nordeste de Argentina. Se caracteriza por su amplia adaptación a zonas bajas tropicales con sequías hasta de 6 meses y suelos ácidos de baja fertilidad del tipo ultisol y oxisol. Bajo estas condiciones produce buenos rendimientos de forraje bajo corte y tiene la capacidad de rebrotar durante el período seco debido a un desarrollo radicular vigoroso. Por otra parte, produce abundante semilla y su establecimiento es relativamente rápido cuando las condiciones son adecuadas.

En este artículo se revisa la botánica, origen, distribución y adaptación de *C. argentea*. Se describen además algunos de sus atributos agronómicos, valor nutritivo y potencial como planta forrajera en sistemas de producción ganaderos en regiones subhúmedas del trópico.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA, ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El género *Cratylia* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Diocleinae; crece en forma de arbusto de 1,5 a 3,0m de altura o en forma de lianas volubles. Las hojas son trifoliadas y estipuladas, los folíolos son membranosos o coriáceos con los dos laterales ligeramente asimétricos; la inflorescencia es un pseudoracimo nodoso con 6 a 9 flores por nodosidad; las flores varían en tamaños de 1,5 a 3,0cm con pétalos de color lila y el fruto es una legumbre dehiscente que contiene de 4 a 8 semillas en forma lenticular, circular o elíptica (Queiroz y Coradín, s.f.).

La taxonomía del género *Cratylia* está aún en proceso de definición; sin embargo, Queiroz y Coradín (1995) han reconocido cinco especies diferentes, las cuales son: *C. bahiensis* L. P. de Queiroz, *C. hypargyrea* Mart. ex Benth, *C. intermedia* (Hassl.) L. P. de Queiroz y R. Monteiro, *C. mollis* Mart. ex Benth y *C. argentea* (Desv.) O. Kuntze. La diferenciación entre especies se ha logrado con base a características morfológicas vegetativas y la ubicación geográfica de éstas, debido a que no existen hasta la fecha estudios reproductivos ni de hibridación que permitan una clasificación de especie basada en marcadores biológicos.

Se considera a *Cratylia* como un género neotropical de origen reciente, cuya distribución natural se sitúa al sur de la cuenca del río Amazonas y al este de la cordillera de los Andes, abarcando partes de Brasil, Perú, Bolivia y la cuenca del río Paraná al nordeste de Argentina.

Las diferentes especies se han reportado en formaciones vegetales tipo Caatinga, Mata Atlántica y Cerrado en Brasil, en Matas nubosas del lado este de los Andes y en Bosques tropicales secos de Perú y Bolivia (Queiroz y Coradín, s.f.).

C. mollis y *C. argentea* tienen crecimiento similar y son consideradas especies con potencial forrajero. En contraste, *C. bahiensis*, *C. hypargyrea* y *C. intermedia* tienen poco potencial como forraje debido a que son plantas de tipo enredadera con poco follaje disponible; no obstante, pueden ser fuente valiosa de genes para suelos salinos (*C. hypargyrea*), o para la tolerancia a heladas (*C. intermedia*). Se considera que la distribución de *C. mollis* está restringida principalmente a áreas de Caatinga en el nordeste brasileño en los estados de Bahía, Piauí y Ceará; esta especie tiene buen potencial forrajero en áreas semiáridas (Sousa y Oliveira, 1995).

C. argentea (syn. *C. floribunda*, *Dioclea floribunda*) es la especie de más amplia distribución en Sur América y se extiende en Brasil desde el estado de Pará hasta los estados de Mato Grosso y Goiás en dirección norte-sur, y desde Perú hasta el estado de Ceará en dirección este-oeste. Se han colectado individuos hasta los 930 msnm., pero la mayor ocurrencia se reporta entre los 300 a 800 msnm. en formaciones vegetales de diversos tipos, pero con mayores poblaciones en el Cerrado brasileño en suelos pobres y ácidos (Queiroz y Coradín, s.f.).

El hábito de crecimiento de *C. argentea* es de tipo arbustivo en formaciones vegetales abiertas, pero puede convertirse en liana de tipo voluble cuando está asociada a plantas de porte mayor (Sobrinho y Nunes, 1995). La especie ramifica desde la base del tallo y se reportan hasta 11 ramas en plantas de 1,5 a 3,0m de altura (Maass, 1995). Las hojas tienen consistencia papirácea con abundante pubescencia en el envés en plantas provenientes del Cerrado brasileño, pero suaves y glabras en poblaciones que se encuentran en Santa Cruz de la Sierra en Bolivia. Pareciera que en sitios con bajas temperaturas las hojas tienden a tener menor pubescencia de acuerdo a observaciones no publicadas hechas por los autores.

ADAPTACIÓN A FACTORES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS

C. argentea es una leguminosa arbustiva de reciente incorporación en los programas de evaluación forrajera del trópico Latino Americano (Argel y Maass, 1995). Durante la última década el Centro Internacional de

Agricultura Tropical (CIAT) en colaboración con otras instituciones de América tropical han realizado estudios de evaluación de adaptación de la especie en sitios bien drenados con características climáticas y de suelo contrastantes. Estas evaluaciones se han realizado en (a) Colombia (bosque húmedo tropical, sabana isohipertérmica bien drenada y bosque estacional semisiempre-verde), (b) Costa Rica (bosque muy húmedo y subhúmedo tropical), (c) México (sabana isohipertérmica bien drenada), (d) Guatemala (bosque húmedo subtropical caliente), (e) Brasil (sabana isotérmica bien drenada, clima tropical mesotérmico húmedo) y (f) Perú (bosque húmedo tropical).

Las precipitaciones en los sitios de evaluación han variado desde 997 mm en Isla (México) hasta 4,000 mm anuales en Guápiles (Costa Rica). El número de meses secos (precipitación menor de 100 mm) en los sitios de evaluación va desde ninguno en Guapiles (Costa Rica) hasta 6 meses en Atenas (Costa Rica), Isla (México), Coronel Pacheco y Planaltina en Brasil. En los sitios donde se ha evaluado *C. argentea* han predominado los suelos tipo oxisol, ultisol e inceptisol con pH de 3,8 a 5,9 y saturación de aluminio de 0 a 87%.

La base del germoplasma evaluado ha sido un conjunto de 11 accesiones provenientes del Banco de germoplasma del CIAT, colectadas todas en Brasil a partir de 1984 en un rango de sitios contrastantes desde los 3° 45' de Latitud Sur (Rurópolis, Paraná), hasta los 16° 34' en Piranhas, Goiás (Maass, 1995). Colecciones más recientes realizadas también en el Brasil han permitido ampliar la base genética de la especie; sin embargo, muchas de las nuevas accesiones aún están en proceso preliminar de caracterización.

Las 11 accesiones evaluadas de *C. argentea* tienen características morfológicas similares y han mostrado buena adaptación a un amplio rango de climas y suelos, en particular a suelos ácidos pobres con alto contenido de aluminio tipo ultisol y oxisol; sin embargo, el mayor vigor de crecimiento se reporta en condiciones de trópico húmedo con suelos de mediana a buena fertilidad. Aparentemente existe una interacción genotipo x ambiente, dado que, a través de sitios, las accesiones evaluadas no mantienen el mismo orden en términos de producción de biomasa. No obstante, las accesiones CIAT 18668, 18676 y 18666 tienden a mostrar rendimientos más altos y estables a través de sitios, incluyendo suelos ácidos con alta saturación de aluminio (Argel, 1995; Maass, 1995).

La alta retención foliar, particularmente de hojas jóvenes, y la capacidad de rebrote durante la época seca es una de las características más sobresalientes de *C. argentea*. Esta cualidad está asociada al desarrollo de raíces vigorosas de hasta 2 m de longitud que hace la planta tolerante a la sequía aún en condiciones extremas de suelos pobres y ácidos como los de Planaltina en Brasil (Pizarro *et al.*, 1995).

Hasta la fecha no se han reportado plagas ni enfermedades importantes en *C. argentea*. En algunos sitios se han observado ataques moderados de chiza (*Melolonthidae* sp.) durante la fase de establecimiento, así como también ataques de algunos grillos comedores y hormigas cosechadoras de hojas. Por otra parte, experiencias en las laderas del Cauca (Colombia) en suelos ácidos de baja fertilidad muestran que el arbusto tiene pobre crecimiento y desempeño por encima de los 1,200 m.s.n.m. Estos resultados sugieren que *C. argentea* presenta problemas de adaptación en sitios con suelos ácidos y temperaturas bajas (Maass, 1995).

PROPAGACIÓN

C. argentea se propaga fácilmente por semilla, pero la propagación vegetativa no ha sido exitosa hasta la fecha (Pizarro *et al.*, 1995). El arbusto produce semilla de buena calidad y sin marcada latencia física (dureza) o fisiológica; por lo tanto, la semilla no necesita escarificación previa a la siembra y aun más, hay reportes que indican que la escarificación con ácido sulfúrico reduce la viabilidad de la misma (Maass, 1995). La siembra con semilla debe hacerse muy superficial, es decir a no más de 2cm de profundidad ya que siembras más profundas causan pudrición de la semilla, retardan la emergencia de las plántulas y producen plantas con menor desarrollo radicular (RIEPT-MCAC, 1996).

La semilla de *C. argentea* responde a la inoculación con cepas de rhizobium tipo cowpea, las cuales son muy comunes en suelos tropicales. Experiencias recientes muestran buena respuesta a la formación efectiva de nódulos con las cepas CIAT 3561 y 3564, particularmente en suelos ácidos con alto contenido de aluminio (RIEPT-MCAC, 1996). En los experimentos de inoculación, la aplicación de nitrógeno ha dado los mayores rendimientos de biomasa, mostrando que existe aún campo para la identificación de cepas más efectivas de rhizobium.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTOS DE MATERIA SECA

El crecimiento de *C. argentea* es lento por lo menos durante los dos primeros meses después del establecimiento, a pesar que el vigor de plántula es mayor que el de otras leguminosas arbustivas como *Leucaena leucocephala*. Lo anterior está asociado a la fertilidad del suelo y a la inoculación o no de la semilla con la cepa apropiada de rhizobium. Xavier *et al.* (1990) encontraron que en condiciones de suelos ácidos con alta concentración de aluminio, representados por Coronel Pacheco en Brasil, el crecimiento acumulativo del arbusto durante un período de 210 días, fue de tipo cúbico y expresado por la ecuación: $Y = 74,47 - 6,54 X + 0,147 X^2 - 0,0004467 X^3$; $R^2 = 0,97$ (Y, materia seca (MS) estimada en g/planta; X, edad del arbusto en días). La densidad de siembra en este caso fue de 13,000 plantas/ha y el corte a los 84 días dió un rendimiento de 297g MS/planta, la cual subió a 1,073g MS/planta a los 189d, para un equivalente de 14,3 ton MS/ha; este rendimiento fue superior al observado en el mismo sitio con *L. leucocephala*.

De manera similar, *C. argentea* (CIAT 18516) superó en rendimientos a *Gliricidia sepium* y *Desmodium velutinim* en condiciones de suelos ácidos pobres de Quilichao (Colombia), pero fue inferior en rendimientos a *Flemingia macrophylla* (Maass, 1995). Todas estas mediciones se han hecho bajo corte, pero no existe aun un criterio definido sobre la altura de corte más apropiada para el manejo de la especie. Por ejemplo, Xavier y Carvalho (1995) en condiciones de Coronel Pacheco, no encontraron diferencias en rendimientos de MS/planta en cortes realizados a 20 y 40cm de altura, mientras que en Costa Rica, McLennan, S.(comunicación personal) encontró mayores rendimientos en plantas cortadas a 1m que a alturas inferiores.

En general, se sabe que los rendimientos/planta de *C. argentea* están influenciados por la fertilidad del suelo, la densidad de siembra, la edad a la cual se realiza el primer corte y la edad de la planta. Así por ejemplo, Xavier *et al.*, (1996) encontraron respuestas a aplicaciones de fósforo y Argel, P. (datos no publicados) encontró en Atenas, Costa Rica, mayor producción individual por planta en densidades de siembra de 6,000 plantas/ha (100g MS/planta), que en la de 10,000 plantas/ha (75 g MS/planta) con cortes cada 8 semanas de plantas menores de un año. En estos estudios la producción estimada de MS por área fue mayor ($P < 0,05$) en esta última (0,75 ton MS/ha/corte) que en la primera (0,67 ton MS/ha/corte) y un 30 y 40% de este rendimiento se produjo durante el

período seco de 6 meses. También se ha observado que plantas cortadas por primera vez a los 4 meses de edad y después cada 8 semanas, rindieron en promedio después de 9 cortes, significativamente menos (65 g MS/planta/corte) que las cortadas inicialmente a los 6 y 8 meses de edad (77 y 101g MS/planta/corte respectivamente). Esto indica que entre más desarrollo tengan las plantas de *C. argentea* al momento del primer corte los rendimientos de biomasa esperados serán mayores.

En la estación CIAT-Quilichao, las plantaciones adultas de *C. argentea* se manejan con cortes a ras de suelo con el fin de estimular mayor ramificación. Por otra parte, en fincas de productores en la zona pacífica central de Costa Rica se ha observado que en plantaciones de *C. argentea* de 4 años, los rendimientos de MS se han incrementado progresivamente hasta obtener entre 200 y 300g MS/planta por corte (López, A. comunicación personal). En este caso particular, *C. argentea* se corta estratégicamente al final del período lluvioso para obtener un rebrote vigoroso durante la época seca, caracterizada por baja disponibilidad y calidad de forrajes.

PRODUCCIÓN DE SEMILLA

La floración de *C. argentea* que es abundante pero poco sincronizada, se inicia hacia el final del período lluvioso en condiciones de trópico estacional con distribución monomodal de la precipitación (i.e. Centroamérica). Las plantas pueden florecer el primer año de establecidas, pero los rendimientos de semilla son bajos. La floración se prolonga por uno o dos meses y es común ver la presencia de abejas europeas (*Apis mellifera*) y otros insectos polinizadores. La maduración de los primeros frutos ocurre aproximadamente un mes y medio después de la polinización y se extiende por dos a tres meses más. Por esta razón la cosecha de semilla es un proceso continuo (cosechas manuales una vez a la semana), que puede prolongarse durante gran parte del período seco.

Los rendimientos de semilla dependen del genotipo, edad de la planta y el manejo del corte y de las condiciones ambientales prevalecientes durante la floración y fructificación. Plantas de 3 años de edad, cortadas a 30 cm de altura y fertilizadas con fósforo al comienzo del período lluvioso, rinden en promedio 50 a 70 g de semilla pura/planta en Atenas, Costa Rica (CIAT, datos no publicados). Sin embargo, la fecha del corte de uniformidad afecta el inicio de floración y por lo tanto el rendimiento

potencial de semilla; plantas cortadas cerca del inicio de la época seca o dentro de éste período, tienden a florecer poco y a formar un número bajo de frutos.

Los puntos anteriores pueden explicar los rendimientos variables de semilla reportados para *C. argentea*. Por ejemplo, Xavier y Carvahlo (1995) reportaron 25kg/ha de semilla en Coronel Pacheco (Brasil), mientras que Maass (1995) reportó 654kg/ha para la accesión CIAT 18516. En Atenas, Costa Rica, las accesiones CIAT 18668 y 18516 que se han sido seleccionadas por su buena producción de MS, producen en conjunto entre 600 a 800kg/ha de semilla dependiendo del año de cosecha. El peso unidad de la semilla es de 27 a 28g por cada 100g de semilla (Maass, 1995).

La semilla de *C. argentea* no tiene latencia, pero puede perder viabilidad relativamente rápido en un año si es almacenada en condiciones ambientales de temperatura y humedad prevalecientes en el trópico bajo. Por ejemplo, en condiciones de Atenas, Costa Rica, con una temperatura media de 24°C y humedad relativa de 70%, se ha encontrado que la germinación disminuye de 79 a 40% en menos de 8 meses en semilla almacenada al medio ambiente (CIAT, datos no publicados).

CALIDAD NUTRITIVA

La calidad nutritiva de una planta forrajera es función de su composición química, digestibilidad y consumo voluntario. Resultados de análisis químicos realizados en muestras de leguminosas arbustivas cosechadas en la estación CIAT-Quilichao, mostraron que el follaje comestible (hojas + tallos finos) de *C. argentea* (3 meses de rebrote) tuvo un contenido de proteína cruda (23,5%) similar al de otras especies conocidas como *Calliandra calothyrsus* (23,9%), *Erythrina poepigiana* (27,1%), *Gliricidia sepium* (25,45) y *Leucaena leucocephala* (26,5%) (Lascano, 1995). Por otra parte, la digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) del forraje de *C. argentea* (48%) fue mayor que el de *C. calothyrsus* (41%) pero menor que en *G. sepium* (51%), *E. fusca* (52%) y *L. leucocephala* (53%).

En otros estudios realizados por el CIAT se encontró que la DIVMS de *C. argentea* (53%) fue mayor que el de otras leguminosas adaptadas a suelos ácidos como *Codariocalyx giroides* (30%) y *Flemingia macrophylla* (20%), lo cual está asociado a su bajo contenido de taninos

condensados (Lascano, 1995). Como resultado del su alto contenido de proteína cruda y bajos niveles de taninos, *C. argentea* es una excelente fuente de nitrógeno fermentable en el rumen (Wilson y Lascano, 1997).

Observaciones de campo habían indicado que vacas lecheras rechazaban el follaje inmaduro de *C. argentea* cuando éste se ofrecía fresco, pero que lo consumían si se oreaba. Por lo tanto, se diseñó un ensayo con ovinos en jaula metabólica a los cuales se les ofreció forraje (hojas + tallos finos) inmaduro y maduro de *C. argentea* en estado fresco, oreado y seco al sol. Los resultados de consumo rápido (short term intake) mostraron que el consumo de *C. argentea* inmadura fresca fue bajo, pero que se aumentó significativamente cuando se oreo (24 ó 48 horas) o seco al sol (Raaflaub y Lascano, 1995). El consumo por los ovinos de forraje maduro fue alto independiente del tratamiento pos-cosecha. Sin embargo, es importante indicar que no existe ningún problema de consumo del forraje de *C. argentea* en estado inmaduro por vacas lecheras cuando éste se ofrece en mezcla con pastos de corte o con pequeñas adiciones de melaza.

Resultados, posteriores confirmaron que vacas en pastoreo con acceso a un banco de *C. argentea* consumían bien el forraje maduro y en menor grado el forraje inmaduro. El bajo consumo de *C. argentea* en este estado inmaduro no es en si una desventaja y por el contrario se considera una gran ventaja para facilitar el manejo de esta leguminosa en pastoreo directo. Nuestras observaciones indican que *C. argentea* podría ser incorporada en franjas en pasturas con gramíneas para conformar así un sistema silvopastoril. Por lo tanto, en el CIAT se está planeando un ensayo con *C. argentea* en franjas dentro de pasturas de *Brachiaria* spp. para ser pastoreadas por vacas lecheras.

UTILIZACIÓN POR RUMIANTES

Para definir el potencial forrajero de *C. argentea* como suplemento de proteína en sistemas de corte y acarreo, se han realizado una serie de ensayos en la estación CIAT-Quilichao en los cuales se ha evaluado su contribución en la nutrición de rumiantes alimentados con gramíneas de baja calidad y en la producción de leche de vacas en pastoreo.

Resultados con ovinos en jaula metabólica alimentados con una gramínea deficiente en proteína (6%) mostraron que la suplementación de *C. argentea* en niveles de 40% de la oferta total resultó en (a) un aumento de

18% de consumo total, (b) en más amonio ruminal (3,0 vs 7,5 mg/dl), (c) en más flujo al duodeno de proteína bacterial (3,3 vs 5,5 g/d) y nitrógeno total (8,4 vs 14,2) y en más absorción aparente de N (4,7 vs 8,2 g/d) en comparación con la dieta de solo gramínea (Wilson y Lascano, 1997). Sin embargo, la suplementación de *C. argentea* resultó en una sustitución de gramínea en todos los niveles de oferta (10, 20 y 40%) y en una reducción de la digestibilidad de la dieta, lo cual estuvo asociado con su alto nivel de fibra indigerible (38%) en comparación con la gramínea (13%) (Wilson y Lascano, 1997).

Una conclusión de los estudios de suplementación con *C. argentea*, es que esta leguminosa contribuye a aliviar las deficiencias de proteína de rumiantes que son comunes en la época seca dada la alta degrababilidad de su proteína en el rumen. Por otra parte, los resultados también sugirieron que el efecto positivo de *C. argentea* como suplemento en sistemas de corte y acarreo sería mayor si se combina con una fuente rica en energía como la caña de azúcar.

Con base en los resultados anteriores se diseñaron una serie de ensayos en el CIAT en los cuales se suplementó (1,5% de MS del PV) diferentes niveles de *C. argentea* y caña de azúcar a vacas lechera en pastoreo. Los resultados (Avila y Lascano, no publicados) mostraron que la suplementación resultó en aumentos crecientes de producción de leche (1,2 a 2,2 l/d) a medida que se incrementó la proporción de *C. argentea* (0, 25, 50 y 75%) en el suplemento. Sin embargo, la respuesta a la inclusión de *C. argentea* en el suplemento dependió del potencial de producción de leche de las vacas y de la calidad de la gramínea en la pastura. Vacas con poco potencial de producción de leche (3-4 litros) no respondieron a la suplementación con *C. argentea*. Tampoco se observó respuesta a la suplementación caña/*C. argentea* cuando la gramínea (hojas) en la pastura utilizada por las vacas tenía niveles de proteína de más de 7%.

CONCLUSIONES

La leguminosa arbustiva *C. argentea* se adapta bien a sitios bien drenados por debajo de los 1,200 m.s.n.m. con suelos pobres ácidos y alta concentración de aluminio. No obstante, responde a la fertilidad y los mayores rendimientos de MS se reportan en sitios de trópico húmedo con suelos de fertilidad media. *C. argentea* tolera bien la sequía y tiene la

capacidad de rebrotar durante el período seco; entre 30 y 40% del rendimiento total de MS de la planta puede darse durante ese período crítico del año.

El arbusto florece y forma semilla de buena calidad en condiciones del trópico bajo; la semilla no tiene latencia, pero puede perder viabilidad en un período corto de tiempo cuando se almacena en condiciones ambientales. Es una planta que se propaga fácilmente por semilla, que responde a la inoculación con rhizobium, pero que debe sembrarse muy superficialmente (a no más de 2 cm de profundidad) para lograr buena emergencia de plántulas.

La calidad nutritiva de *C. argentea* es alta en términos de proteína y dado que tiene bajos niveles de taninos condensados es una buena fuente de nitrógeno fermentable en el rumen, lo cual contribuye a la síntesis de proteína bacterial y a aumentar el flujo y absorción de N en el tracto posterior. El consumo de *C. argentea* está afectado por la madurez de la planta y manejo pos-cosecha del forraje, siendo bajo cuando se ofrece el follaje inmaduro fresco, pero alto cuando este se oreo o seca al sol o se ofrece maduro independientemente de secado.

Los estudios de utilización de *C. argentea* por vacas lecheras muestran que cuando se utiliza en combinación con caña de azúcar para suplementar animales en pastoreo se logran incrementos hasta de 2 litros/v/d, siempre y cuando las vacas tengan potencial de producción y la gramínea en oferta en la pastura sea deficiente en proteína.

Necesidades futuras de investigación y difusión

La leguminosa arbustiva *C. argentea* muestra alto potencial forrajero, pero el conocimiento agronómico y de manejo de la especie, es aún limitado. Por lo tanto, la investigación futura debe enfocarse a responder los siguientes interrogantes prioritarios:

- rango de adaptación, especialmente en sitios con buenos suelos pero con bajas temperaturas (laderas de altitud media),
- interacciones genotipo x medio ambiente en términos de rendimientos de MS, producción de semilla y calidad forrajera,
- fertilización de establecimiento e identificación de cepas más efectivas de rhizobium, y
- manejo de plantaciones para producción de biomasa y semillas

Por último, es importante dar prioridad a la evaluación de *C. argentea* en fincas con el fin de demostrar sus ventajas como fuente de proteína para rumiantes e identificar con la ayuda de productores usos y manejos alternativos. Como parte de las actividades del Consorcio TROPILECHE coordinado por el CIAT y que forma parte de un programa entre Centros Internacionales que lidera el ILRI, se está evaluando con productores de ganado doble propósito en Costa Rica (zona subhúmeda del pacífico central) el uso de *C. argentea* como suplemento de vacas lecheras en la época seca.

Bibliografía

- Argel, P. J. 1995. Evaluación Agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, p75-82.
- Argel, P. J. Y Maass, B. L. 1995. Evaluación y Adaptación de Leguminosas Arbustivas en Suelos ácidos infértiles de América. En: *Nitrogen Trees for Acid Soils*. Evans, D. O. y Szott, L. T. (eds.). Nitrogen Fixing Tree Research Reports. Special issue. Winrock International and NFTA. Morrilton, Arkansas (USA). p215-227.
- Lascano, C. E. 1995. Calidad nutritiva de *Cratylia argentea*. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro y Coradin (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19-20 julio 1995, Brasilia, p83-97.
- Maass, B. L. 1995. Evaluación Agronómica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, p62-74.
- Perdomo, P. 1991. *Adaptación edáfica y valor nutritivo de 25 especies y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes*. Tesis de Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. 128 p.
- Pizarro, E. A.; Carvalho, M. A. Y Ramos, A. K. B. 1995. Introducción y Evaluación de Leguminosas Forrajeras Arbustivas en el Cerrado Brasileño. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, p. 40-49.
- Queiroz, L. P. De & Coradín, L. (s.f.). *O Género Cratylia. Informações Taxonômicas e Distribuição Geográfica*. Mimeografiado. 4 p.
- Queiroz, L. P. De Y Coradin, L. 1995. Biogeografía de *Cratylia* e Areas Prioritárias para Coleta. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19 al 20 de julio de 1995, Brasilia, p1-28.
- Raaflaub, M & Lascano, C.E. 1995. The effect of wilting and drying on intake rate and acceptability by sheep of the shrub legume *Cratylia argentea*. *Tropical Grasslands*. 29: 97-101.
- RIEPT-MCAC (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales para México, Centroamérica y el Caribe). 1996. *Hoja Informativa* No. 2, Año 4. 4 p.
- Sobrinho, J. M. & Nunes, M. R. 1995. Estudos Desenvolvidos Pela Empresa Goiana de Pesquisa Agrpecuária com *Cratylia argentea*. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19-20 julio 1995, Brasilia, p53-61.
- Sousa, F. B. De & Oliveira, M. C. De. 1995. Avaliação Agronoômica do Genero *Cratylia* na Região Semi-Árida do Brasil. En: *Potencial del Género Cratylia como*

- Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19-20 julio 1995, Brasilia, p50-52.
- Wilson, Q.T Y Lascano, C.E 1997. *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Pasturas Tropicales* 19: 2-8.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M. Y Botrel, M. A. 1996. Níveis críticos externos e internos de fósforo da *Cratylia argentea* em um solo ácido. *Pasturas Tropicales* 18(3): 33-36.
- Xavier, D. F. & Carvalho, M. M. 1995. Avaliação Agronômica da *Cratylia argentea* na Zona da Mata de Minas Gerais. En: *Potencial del Género Cratylia como Leguminosa Forrajera*. Pizarro, E. A. y Coradin, L. (eds.). En: EMBRAPA/CENARGEN/CPAC/CIAT, Memorias de un Taller, 19-20 julio 1995, Brasilia, p29-39.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M. & Botrel, M. A. 1990. Curva de crescimento e acumulação de proteína bruta de leguminosa *Cratylia floribunda*. *Pasturas Tropicales* 12: 35-38.

Comentarios

Marco Antonio de Souza

Se menciona que: «La semilla de *C. argentea* no tiene latencia, pero puede perder viabilidad relativamente rápido, en un año si es almacenada en condiciones ambientales de temperatura y humedad prevalecientes en el trópico bajo. Por ejemplo, en condiciones de Atenas, Costa Rica, con una temperatura media de 24°C y humedad relativa de 70%, se ha encontrado que la germinación disminuye de 79 a 40% en menos de 8 meses en semilla almacenada al medio ambiente (CIAT, datos no publicados).» Quiero informar algunos resultados de ensayos realizados en EMBRAPA/Cerrados (Planaltina, D.F., Brasil) El clima de esta región se caracteriza por un periodo seco de mayo a septiembre con temperatura promedio de 21°C, humedad relativa de 63% y un periodo de lluvias (octubre-abril) con temperatura promedio de 22.6°C y humedad relativa de 74%. Semillas de dos accesiones (A y B) de *C. argentea* fueron recolectadas y almacenadas en dos condiciones: cámara fría (10°C; 90% humedad) y al ambiente (en bolsas de papel de 10kg). Se realizaron pruebas de germinación (rollo de papel, 25°C) a los 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 18 y 24m. A los 12m, la germinación prácticamente no se modificó entre las dos condiciones de almacenamiento, permaneciendo alrededor de 85%. A los 18 y 24m, las semillas almacenadas en frío presentaron una germinación de 91% para las dos accesiones y las almacenadas en condiciones ambientales presentaron en el mismo período el 35 y 25% (accesión A) y 47 y 41% (accesión B). Se concluyó que:

- Las semillas almacenadas bajo condiciones ambientales perderán capacidad de germinación después de 12m de almacenamiento.
- Las semillas almacenadas en cámara fría conservarán la capacidad de germinación en un promedio del 91% para las dos accesiones, después de 24 meses de almacenamiento.
- El comportamiento de las semillas en almacenamiento en condiciones ambientales depende del genotipo (accesión).

Los datos referentes al almacenamiento a los 12 meses fueron publicados por: SOUZA, M. A.; RAMOS, A. K. B.; PIZARRO, E. A. 1997 Efeito da condição de armazenamento na qualidade fisiológica de sementes de *Cratylia argentea* Informativo ABRATES, Londrina, 7(1/2):248, Estamos a disposición para cualquier aclaración,

Utilización de la morera en sistemas de producción animal

Jorge E. Benavides

Consultor e investigador, Turrialba, Costa Rica

SUMMARY

A general description of the nutritional and agronomic characteristics of Morera (*Morus alba*) is given. Morera leaves have high CP (15 to 25%) and IVDMD (75 to 90%). Milk production of cows supplemented with Morera was similar to that observed with concentrates (13,2 vs. 13,6kg/d). Steers fed on King-grass and fresh Morera gained 940g/d. Silage of Morera had a lactic fermentation pattern and there was little changes in CP and IVDMD in comparison with fresh biomass. Steers fed silage of Morera gained 600g/d. Using goat manure for fertilising Morera it is possible to produce 38,3 and 14,9ton DM/ha/year of total and edible biomass respectively. The integration of Poro (*Erythrina poeppigiana*) in Morera plantations showed that it is possible to use foliage of Poro as a mulch to sustain good DM yields.

INTRODUCCIÓN

La Morera (*Morus alba*) es un árbol que tradicionalmente se utiliza para la producción de seda. Pertenece al orden de las Urticales, familia Moraceae y género *Morus*. Los rangos climáticos para su cultivo son: temperatura de 18 a 38°C; precipitación de 600 a 2 500mm; fotoperiodo de 9 a 13 horas/d y humedad relativa de 65 a 80% (Ting-Zing *et al.*, 1988). Se cultiva desde el nivel del mar hasta 4 000m de altitud y se reproduce por semilla, estaca, acodo e injerto.

RESULTADOS OBTENIDOS CON MORERA

El follaje de Morera tiene un alto contenido de proteína cruda (PC) y una elevada digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Datos de América Central indican contenidos de PC entre 15 y 25% y de DIVMS entre 75 y 90% lo que implica una calidad igual o superior a la de los concentrados comerciales (Cuadro 1). El tallo no lignificado (tallo tierno) también tiene una buena calidad bromatológica, con valores entre 7 y 14% para PC y entre 56 y 70% para la DIVMS (Benavides *et al.*, 1994; Espinoza, 1996; Rojas y Benavides, 1994). La PC de la hoja de Morera tiene una digestibilidad *in vivo* de 90% (Jegou *et al.*, 1994). Los contenidos de nitrógeno, potasio y calcio son altos, alcanzando las hojas valores de 3,35; 2,0 y 2,5% para cada mineral, respectivamente (Espinoza, 1996).

Cuadro 1

Contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) del follaje de Morera y otros alimentos utilizados en América Central.

Especie	MS	PC (%)	DIVMS
Morera (<i>Morus alba</i>)	28,7	23,0	80,0
Pasto King (<i>P. purpureum</i> x <i>P. typhoides</i>)	20,0	8,2	52,7
Pasto Estrella (<i>C. nlemfluensis</i>)	22,3	8,9	54,9
Concentrado comercial	91,5	17,7	85,0

La calidad del follaje se afecta por factores ambientales. En la costa del Pacífico de Costa Rica, con alta luminosidad y elevadas temperaturas, la PC y la DIVMS de las hojas se reducen (15,1 y 71,5%, respectivamente) en comparación con sitios más elevados, con más nubosidad y menor temperatura (24,8 y 74,9%, respectivamente) como en las zonas montañosas de Costa Rica (Espinoza, 1996).

Oviedo (1995) al comparar el follaje de Morera con el concentrado, como suplemento a vacas en pastoreo, obtuvo un nivel de producción de leche similar (13,2 y 13,6kg/d, respectivamente) para cada suplemento a iguales niveles de consumo de MS (1,0% del PV) y muy superior al obtenido con sólo pastoreo (11,3kg/d). El uso de Morera en la dieta no afectó el contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche pero sí mejoró el beneficio neto en comparación con el concentrado (US\$ 3,29 vs

2,84, respectivamente). Esquivel *et al.* (1996), al reemplazar el 0, 40 y 75% del concentrado por follaje de Morera tampoco encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción de leche (14,2; 13,2 y 13,8kg/d, respectivamente) de vacas Holstein en pastoreo y sin efectos apreciables en la calidad de la leche (Cuadro 2). También en este trabajo, considerando sólo los costos de alimentación, el ingreso neto por animal fue 11,5% superior con el máximo nivel de Morera al del obtenido con el concentrado.

Cuadro 2

Efecto de la sustitución de concentrado por follaje de Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche y el consumo de vacas Holstein pastoreando Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

Parámetro	Relación Concentrado : Morera		
	100 : 0	60 : 40	25 : 75
Leche (kg/d)	14,2	13,2	13,8
Consumo (kg MS/d)			
Concentrado	6,4	4,2	1,9
Morera	0	2,8	5,5
Pasto	9,3	7,8	6,2
Total	15,7	14,8	13,6

Fuente: Esquivel *et al.*, 1996.

Con bovinos se han obtenido ganancias de peso biológicamente atractivas al utilizar el follaje Morera como suplemento. En el trópico húmedo de Turrialba, vaquillas de reemplazo Jersey x Criollo ganaron 610g/d suplementadas con Morera y 410g/d con concentrado (Oviedo y Benavides, 1991). Con toretes Criollos Romosinuanos recibiendo una dieta basal de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), se observaron incrementos de peso de 40, 690, 940 y 950 g/d con consumos de MS de Morera equivalentes al 0; 0,90; 1,71 y 2,11% del PV como suplemento (González, 1996). En este trabajo el estudio de presupuesto parcial arrojó una relación ingreso/costo de 0,10; 1,11; 1,18 y 0,97 para cada nivel de ganancia de peso, respectivamente. En cabras lecheras, Rojas y Benavides (1994) encontraron incrementos de leche de 2,0 a 2,5 kg/d cuando la suplementación con Morera pasó del 1,0 al 2,6% del PV en base seca, con ligeros incrementos en los contenidos de grasa, proteína y sólidos totales de la leche. Con corderos alimentados con una dieta base de King-grass,

se reportan ganancias de peso de 60, 75, 85 y 101 g/d cuando se suplementan con Morera a razón del 0; 0,5; 1,0; y 1,5% del PV en base seca (Benavides, 1986). En una evaluación de tres años, en un módulo agroforestal con cabras (cabras estabuladas y una plantación asociada de Morera con Poró) alimentadas sólo con cantidades similares (3,0% del PV en base seca) de pasto King-grass (*P. purpureum* x *P. typhoides*) y Morera, se reportan cerca de 900kg de leche/lactancia de 300 días (Oviedo *et al.*, 1994). Esto equivale a un promedio de producción de 3,0 kg/d y a 4,1 kg/d al inicio de la lactancia. La alimentación proviene de un área de Morera y pasto asociados con Poró (*Erythrina poeppigiana*) de 1,100 m² fertilizada con estiércol de los animales, follaje de Poró asociado y residuos de los comederos. Durante el tercer año la producción de leche fue de 2,5kg/d, lo que equivale a 16,500 kg/año. El estudio de flujo de caja para el análisis financiero mostró una relación beneficio/costo de 1,27; 1,39 y 1,45 para cada año, respectivamente.

Uno de los problemas más serios de la ganadería es la drástica disminución de la disponibilidad y calidad del pasto durante la sequía. Entre las alternativas utilizadas está la del ensilaje de forraje durante las lluvias para utilizarlo luego en la sequía. Estos ensilajes normalmente se hacen con gramíneas tropicales que contienen un alto nivel de fibra y poca presencia de carbohidratos solubles, lo que afecta la fermentación y da como resultado un material de baja calidad. Debido a su poca fibra y alto nivel de carbohidratos el follaje de Morera puede ensilarse sin aditivos, mostrando un patrón láctico de fermentación, con pocas pérdidas en PC (entre 16 y 21% de PC) y manteniendo entre 66 y 71% de DIVMS (Vallejo, 1994; González, 1994), parámetros muy superiores a los de ensilajes fabricados con forrajes tropicales. Al utilizar ensilaje sin aditivos de planta entera de Morera como suplemento a toretes en confinamiento, alimentados con una dieta basal de pasto Elefante, se han obtenido ganancias de peso superiores a 600 g/d con un consumo de Morera de 1,1% del PV en base seca (González, 1996). Por otra parte, cabras consumiendo ensilaje de Morera como dieta única, mostraron un consumo del 5,0% del PV en base seca y un rendimiento de 2,0 kg/d de leche (Vallejo, 1994). Por su gran alta capacidad de producción y por la elevada concentración de minerales en la biomasa, la Morera extrae gran cantidad de nutrimentos del suelo. Por ello, se ha enfatizado en la utilización de abonos orgánicos (estiércol y mulch) como fuente de nutrimentos. Con una densidad de 25,000 plantas/ha se han obtenido más de 35 t0n MS

total/ha/año utilizando estiércol de cabra como abono, 20% más que la obtenida con la misma cantidad de nitrógeno proveniente de Nitrato de Amonio (Cuadro 3) y, durante tres años, se observó un incremento del 10% en rendimiento entre años (Benavides *et al.*, 1994).

Por otra parte, bajo condiciones de trópico húmedo y utilizando follaje de Poró como «mulch» en niveles equivalentes a 0, 160 y 300kg N/ha/año, Oviedo (1995) encontró rendimientos de 8,0; 9,4; y 10,6 ton MS/ha, respectivamente, en dos cortes sucesivos de cuatro meses.

Cuadro 3

Producción entre años de biomasa total (ton MS/ha) de Morera por efecto de la aplicación de estiércol de cabra al suelo.

Año	Nivel de estiércol				NH ₄ NO ₃
	0	240 ¹	360 ¹	480 ¹	480 ¹
1 ²	23,0c	24,4bc	26,6b	31,1a	26,7b
2	21,3c	25,2b	27,6ab	33,4a	29,7b
3	22,9d	28,2c	32,6b	38,2a	29,2b

¹kg de N/ha/año. ²Valores con igual letra en sentido horizontal no difieren, p<0,001.

Con tres variedades de Morera en tres sitios de Costa Rica (Puriscal, Coronado y Paquera), Espinoza (1996) reporta rendimientos de MS total de 14,1; 22,3 y 25,4 ton/ha/año, respectivamente. En Paquera, a pesar de sufrir un largo período de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31,2 ton MS/ha/año), duplicó la de Coronado (15,5 ton MS/ha/año) con mejor régimen de lluvia. Esto se atribuye a la mayor luminosidad y mayores temperaturas de Paquera.

CONCLUSIONES

La Morera se caracteriza por la elevada calidad nutricional de su biomasa y por su capacidad de producción de por unidad de área. Utilizada, fresca o ensilada, como suplemento para rumiantes puede estimular altos niveles de producción de leche y ganancias de peso. El ensilaje de su follaje es factible y muestra patrones de fermentación de tipo láctico y poca disminución en sus niveles de PC y DIVMS. Es recomendable continuar investigando aspectos relacionados al uso de abonos orgánicos, principalmente el uso de «mulch» de árboles plantados en asociaciones agroforestales. Así mismo debe enfatizarse el estudio más detallado de

técnicas de ensilamiento orientadas a la aplicación práctica de esta tecnología en fincas.

Bibliografía

- Benavides, J. E.** 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). En: *Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas*. Proyecto Sistemas de Producción Animal. CATIE, Turrialba, C.R. 1986. Serie Técnica. Inf. Técnico No. 67:40-42.
- Benavides, J.E., Lachaux, M. y Fuentes, M.** 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). En: J. Benavides ed. «*Arboles y arbustos forrajeros en América Central*». Vol. II. Serie técnica, Inf. técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp.495-514.
- Espinoza, E.** 1996. *Efecto del sitio y del nivel de fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de tres variedades de Morera (Morus alba.) en Costa Rica*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84p.
- Esquivel, J., Benavides, J.E., Hernandez, I., Vasconcelos, J., Gonzalez, J., y Espinoza, E.** 1996. Efecto de la sustitución de concentrado con Morera (*Morus alba*) sobre la producción de leche de vacas en pastoreo. En: *Resúmenes. Taller Internacional «Los árboles en la producción ganadera»*. EEPF «Indio Hatuey», Matanzas, Cuba. p25.
- Gonzalez, J.** 1996. *Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (Morus sp.) fresca y ensilada, con bovinos de engorda*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 84p.
- Jegou, D., Waelput, J.J., y Brunschwig, G.** 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus sp.*) y Amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes. En: J.E. Benavides ed. «*Arboles y arbustos forrajeros en América Central*». Vol. I. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp155-162.
- Oviedo, F. J., Benavides, J. E., y Vallejo, M.** 1994. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal autosostenible con cabras lecheras en Turrialba, Costa Rica. En: J. Benavides (ed) «*Arboles y arbustos forrajeros en América Central*». Vol. II. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp601-630.
- Oviedo, J. F.** 1995. *Morera (Morus sp.) en asocio con Poró (Erythrina poeppigiana) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86p.
- Rojas, H., Benavides, J. E. y Fuentes, M.** 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera. En: J. Benavides ed. «*Arboles y arbustos forrajeros en América Central*». Vol. II. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. p305-320.
- Ting-Zing, Z., Yun-Fang, T., Guang-Xian, H., Huaizhong, F., & Ben, M.** 1988. *Mulberry cultivation*. FAO Agricultural Services Bulletin. No. 73/1. FAO, Roma. 127p
- Vallejo, M.A.** 1995. *Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 98p.

Comentarios

Roberto Sanginés García y Pedro Lara y Lara

En atención a su conferencia sobre la utilización de Morera en los sistemas de producción, nos gustaría saber si la información que reporta de Espinoza (1996) sobre la disminución en el contenido de proteína por efecto de la elevada luminosidad y altas temperaturas corresponde a una misma edad al corte, o rebrote, ya que nuestra experiencia con Morera en Yucatán, México, en donde tenemos las mismas condiciones ambientales a las reportadas, no encontramos una disminución en el contenido de proteína, pero si se encontró un efecto por la edad al corte. En breve podremos tener más información sobre el efecto de la fertilización de Morera con aguas residuales porcinas, en suelos someros de origen calcáreo, con elevada pedregosidad y rocosidad y un pH alcalino, sobre la producción de materia seca y contenido de nutrientes. Por otro lado, nos gustaría saber si tiene alguna información sobre plagas y enfermedades, ya que en nuestro cultivo, al año de establecido y a pesar de ser un cultivo nuevo en la zona se han presentado problemas de fungosis (*Micosphaerella*) y Diabrotica.

Manuel Alfaro

Los datos que presenta Jorge Benavides son interesantes y comparto, su interés en el uso de la morera, la cual podría ser el sustituto potencial de la alfalfa en condiciones subtropicales y tropicales con un buen régimen de lluvias o con posibilidades de riego y que junto con las alternativas de ensilar maíz o sorgo, se superarían los problemas de oferta energética que con regularmente se enfrentan los ganaderos que dependen de gramíneas tropicales, cuando son utilizadas en la alimentación animales con potencial genético alto para la producción de leche. Sin embargo, es necesario tener más claridad sobre los efectos que podría ocasionar el uso de altos niveles de esta planta, ya sea ofrecida fresca, ensilada o deshidratada, picada o molida. En El Salvador, recientemente se ha iniciado la experimentación con morera variedad Kanva-2. Nos ha estado inquietando los resultados iniciales en contenido de grasa láctea de vacas que consumieron 6kg de materia seca por día, a lo cual es necesario ponerle atención. También debe de tomarse en consideración que las concentraciones de calcio, en muchos análisis resulta ser alto, más de 3%;

de tal manera, que su uso en vacas próximas a parir podría elevar los casos de hipocalcemia. Otro factor importante a estudiar son los efectos en la digestión de la fibra, en raciones altas en morera, por sus contenidos de extracto etéreo. En el caso de terneras Holstein destetadas, una experiencia realizada por Araujo *et al.* (1998) mostró excelentes resultados (ganancias diarias de 830g por animal) cuando se incorporó en niveles de 16% de una mezcla suplementaria que se balanceo con el suministro de pasto estrella.

Araujo, G., Alfaro, M., y Castillo, R. 1998. Uso de heno de morera (*Morus alba*) en la alimentación de terneras lecheras. Memorias XLIV reunión anual del PCCMCA. Montelimar, Nicaragua.

Jatnel Alonso y Tomás E. Ruiz

Primeramente permitame saludarlo. Desde que conocimos que usted enviaría una conferencia a este evento estamos al tanto con el objetivo de poder conocer un poco más de los trabajos realizados con la Morera. A pesar de que en la conferencia no se hace referencia al contenido de fibra bruta (FB), en otras oportunidades usted ha reportado valores entre 9 y 11%, que según los resultados encontrados por nosotros en Cuba son muy bajos, por lo que quisiéramos saber el método que ha utilizado para su determinación. Por otro lado, algo que siempre nos ha llamado la atención, y que se le ha planteado en otras ocasiones, es que la Morera no se haya utilizado en sistemas de pastoreo. Esta posibilidad se ha negado con el argumento de que la Morera no resiste el pastoreo. En esta oportunidad nos interesa conocer alguna experiencia del empleo de esta especie en pastoreo y de ser posible se describa el sistema desde el establecimiento hasta el manejo durante la explotación especificando la especie y categoría animal utilizada

Napoleón Antonio Mejía

Sobre los comentarios de Jatnel Alonso y Tomás E. Ruiz

En El Salvador trabajamos con la variedad Kanva-2, que es totalmente erecta con 6 hijos (ramas), en promedio, bien desarrolladas que contribuyen en la producción total. Siempre se ha cosechado por corte y acarreo, nunca se probó en pastoreo directo, porque asumimos posibles daños de la planta, pero al final es una buena pregunta. Ahora estamos incluyéndola en las raciones de novillas en forma de harina de morera

sustituyendo el aporte de soya de la dieta con una reducción entre el 35 y el 40% de los costos de alimentación.

Jorge Benavides

Sobre los comentarios de Jatnel Alonso y Tomás E. Ruiz

En respuesta a Jatnel y Tomás Ruiz en primer lugar mi alegría por saber de ellos. Hasta donde conozco no se ha hecho ningún experimento con Morera en pastoreo, razón por la cual no se puede afirmar categóricamente que esta práctica no funcionaría. Sin embargo siempre he manifestado mis dudas por varias razones: Me parece obvio que con los espaciamientos y densidades (25 000 plantas/ha) utilizados hasta la fecha es muy difícil que un animal pueda desplazarse cómodamente. En este caso habría que estudiar arreglos espaciales adecuados para permitir el desplazamiento y disminuir el impacto físico sobre las plantas. Estos otros arreglos espaciales implicarían muy posiblemente, una fuerte disminución de la productividad de Morera por unidad de área y periodos de establecimiento de dos o tres años antes de introducir animales con el fin de permitir un anclaje fuerte y profundo y troncos lo suficientemente gruesos para soportar el impacto de los animales. Arreglos espaciales amplios implican mayor entrada de luz y con ello mayores problemas de invasión de malas hierbas. La Morera necesita de al menos 90d para reponerse de una defoliación y recuperar reservas para próximas defoliaciones por lo que si se asociara con pasturas tendríamos contradicciones en los ciclos de recuperación de ambos tipos de vegetación. Después de la entrada de los animales sería necesario hacer un uso innecesario de mano de obra para recortar las ramas quebradas y terminar la defoliación que no completaron los animales.

Dada la elevada calidad de la Morera se perdería la posibilidad de balancear dietas adecuadamente ya que su principal función hasta ahora es como suplemento a dietas basales de baja calidad. En otro orden de cosas debe recordarse que una plantación normal de Morera manejada como forraje de corte y acarreo y para producir 30ton de MS total, extrae del suelo por año alrededor de 500kg de N, 400kg de K, 400kg de Ca, 100kg de P, entre otros nutrimentos. Esto implica la aplicación de grandes cantidades de nutrimentos al suelo y no veo otra vía que el uso intensivo de estiércol en países con pocos recursos para adquirir o producir fertilizantes químicos. Esto a su vez conlleva a la semi-estabulación de

animales para recuperar la mayor cantidad posible de abono orgánico y lógicamente el pastoreo desciende a una mínima expresión.

Para su información y la de otros colegas, Manuel Sánchez de FAO y yo, conocimos hace dos días en Costa Rica una finca lechera con 40 vacas Holstein con 20kg/d de producción en donde la alimentación es con base en Morera y forraje de gramíneas suministrados en el comedero. En esta lechería resolvieron de una manera muy simple la cuestión de la recolección de estiércol. Los animales se recogen al mediodía y se dejan confinados hasta el otro día a las 7 de la mañana cuando salen a pastorear estrella (solo 5-6 horas de pastoreo por día). El estiércol se recoge cada día y se composta en un pequeño patio de cemento hasta que este listo para ser usado como abono. Pero tal vez el aspecto más impresionante es en la alimentación de terneras y novillas con ganancias de peso impresionantes y mortalidad cero.

Creo que el papel del pastoreo en el trópico disminuirá a una mínima expresión y que el futuro de la ganadería con rumiantes es en sistemas semi-estabulados o estabulados. Esto a la luz de los nuevos forrajes que han estado apareciendo que echan por tierra el mito de que es imposible tener en el trópico altos niveles de productividad por animal. Además no olvidemos que el establecimiento de potreros en el trópico ha implicado la eliminación de un recurso por el cual clama ahora la humanidad: los árboles. Y estos últimos si se pueden asociar entre sí (forrajeros, leguminosos, maderables y ornamentales).

La semi-estabulación o estabulación completa en sistemas de producción basados en el uso de leñosas arbóreas y arbustivas implica un mayor uso de mano de obra (actualmente no encuentra trabajo en el campo), pero a su vez un menor costo de producción al eliminar la dependencia con los alimentos concentrados que en muchos países se fabrican con materias primas importadas y con el uso de combustibles fósiles. También implica en América Central y el Caribe un uso de la tierra más ajustado a su vocación natural que es la producción de leñosas.

Algunas personas se asustan cuando oyen hablar de el incremento de la mano de obra en el campo, pero no tienen en cuenta que en los países sub-desarrollados la pérdida de fuentes de trabajo en el campo ha conllevado situaciones desastrosas en las zonas urbanas.

Tal vez me he salido del tema pero he querido aprovechar la oportunidad para dar un marco más amplio a las apreciaciones sobre el uso de la Morera en pastoreo y sobre los árboles forrajeros en general.

Creo que todavía no es difícil salir del concepto de pastoreo e intentamos la búsqueda de soluciones intermedias cuando no se cuenta con los recursos suficientes para ello. Pronto les informaré sobre lo de la fibra, pero mientras tanto creo que ya la EEPF Indio Hatuey en Cuba tiene información al respecto.

Sobre los comentarios de Napoleón Antonio Mejía

Es un placer saber de Napoleón y sobre todo de sus esfuerzos y los de sus estimables colegas en el estudio de la Morera. Ahora tienen ellos la responsabilidad de profundizar en esta especie ya que son la única institución en América Central que lo está haciendo. Los colegas cubanos han empezado fuerte con la Morera y es de esperar que pronto tendrán resultados. Quisiera aprovechar para invitar a Napoleón visite a Costa Rica para que vea la experiencia que hay en la lechería que mencioné en mi pasado comentario. Siguen siendo los productores los que al final encuentran las soluciones obvias a problemas en los que los investigadores invertimos mucha «filosofía». Me gustaría saber que otros trabajos están realizando con Morera.

Napoleón Antonio Mejía

Sobre las apreciaciones de Jorge Benavides

En el último año se está estableciendo morera en asocio con una *E. berteriana* (4 x 4m) en fincas de productores. Realmente es la primera especie arbórea que es aceptada por los productores de leche con ganado europeo puro con tecnología de altos insumos y muy frágil a los cambios en el sistema. Se siembra en parcelas cercanas al establo en un área variable hasta de una hectárea. Parte de la experiencia con la morera es el heno del follaje en raciones balanceadas de novillas Holstein y en bloques multinutricionales para conejos. Conducimos pruebas de establecimiento asociada con maíz. Otra sobre la calidad del forraje al ensilarla. Niveles de fertilización orgánica e inorgánica, altura de podas. Finalmente debemos confrontar resultados por que la variedad nuestra es diferente a la de Costa Rica en lo referente a la estructura de la planta.

Alessandro Finzi

Sobre los comentarios de Napoleón Mejía

Mi trabajo es con conejos y cuyes en sistemas caseros. Los bloques de melaza (tal vez no multinutricionales en las economías pobres) pueden ser

un recurso útil para cubrir períodos en los cuales no hay forrajes frescos y, tal vez, como suplemento para las hembras en el final de la preñez y en lactancia. Pero no es fácil trabajar con hojas si no hay medios para molerlas mecánicamente. Estoy muy interesado en conocer los planes experimentales, las técnicas de preparación de los bloques, la forma de suministro, las ventajas o desventajas técnicas en la preparación y en el suministro, y los resultados. Estaría agradecido por cualquier información al respecto. También estoy dispuesto a suministrar información ya que tenemos algunos resultados que podrían ser útiles.

Jorge Benavides

Sobre los comentarios de Roberto Sanginés y Pedro Lara y Lara

En relación a lo solicitado por Roberto Sanginés y Pedro Lara debo mencionar que no es la primera vez que se informa de una plaga de tales características en la Morera. Normalmente en nuestras plantaciones y en plantaciones cubanas se presentan ataques de hongos en las hojas siempre asociadas a plantas con más de tres o cuatro meses de rebrote. Esto lo resolvemos podando las plantas y manteniendo intervalos de poda no superiores a los 120d. También no es extraño ver estas plagas en plantas con poca fertilización. Es normal que la Morera con un año de plantada presente pocas hojas y muchas de ellas con hongos (la vida promedio de una hoja de morera oscila entre 90 y 120d). Es muy posible que después de poda las plantas y mantener un ritmo trimestral de podas la plaga deje de ser importante. Sin embargo, siempre hemos advertido que es de esperar que esto suceda (y habrá que esperar que sucede en el futuro con los insectos) tratándose de una planta que produce una biomasa con alto contenido de carbohidratos solubles y niveles de fibra por debajo del 10%. Una de las posibles soluciones a este problema esta en diversificar las plantaciones, asociando la morera con otras especies de leñosas tales como las del género *Erythrina* o *Gliricidia*. Una recomendación es buscar tres estratos en la plantación: la morera abajo, leguminosas arbóreas que puedan podarse en un segundo nivel y árboles maderables que den poca sombra en el estrato más alto. La clave en estas asociaciones está en buscar la menor intercepción posible de luz solar: árboles podables en el estrato intermedio que puedan podarse con la misma frecuencia de la Morera y árboles maderables de poca copa y debidamente espaciados y orientados con respecto al sol. Con respecto al trabajo de Espinoza efectivamente se trataba de plantas cortadas a la misma edad y con el

mismo nivel de fertilización (adjunto resumen y cuadros con más información). Lo que sucedió es que en Paquera (con la mayor luminosidad) se produjo mucho más biomasa (sobre todo de tallo leñoso) y el crecimiento fue más rápido que en los otros sitio. Esta mayor tasa de crecimiento está relacionada con un menor contenido de proteína. El tema de la mezcla de forrajes en la dieta de los animales tiene todavía muchas complicaciones pero donde si es mas evidente la necesidad de la diversificación es en las plantaciones por razones de todos conocidas y que tiene que ver con el control de plagas, un uso más adecuado del suelo y un mayor estímulo a la diversidad de fauna

Efraín Espinoza¹, Jorge Benavides, Pedro Ferreira

Evaluación de tres variedades de morera (*Morus alba*) en tres sitios ecológicos de costa rica y bajo tres niveles de fertilización

Objetivo: Obtener información útil para definir recomendaciones sobre las variedades de Morera más adecuadas a diferentes ambientes y niveles de fertilización.

Materiales y métodos

(1) **Localización:** Puriscal: San José, Costa Rica; 850 msnm; 27,0°C; HR 86%, 2 100 mm de lluvia (6-7 meses de sequía); suelo septisol, ácido, arcilloso, topografía quebrada. Coronado: San José, Costa Rica; 1 470 msnm; 16,7°C; 2 890 mm de lluvia distribuidos a lo largo del año; HR 86%; bosque nuboso tropical. (Holdridge, 1987), suelo volcánico, topografía ondulada. Paquera: Puntarenas, Costa Rica, 20 msnm; 30,0°C; HR 80%; 1 500 mm de lluvia (5-7 meses de sequía); bosque seco tropical; suelo sedimentario, topografía plana.

(2) **Tratamientos:** 3 variedades de Morera (Criolla, Indonesia y Tigreada); 3 sitios (Puriscal, Coronado y Paquera); 3 niveles de fertilización nitrogenada (180, 360 y 540kg/ha/año).

(3) **Diseño:** Bloques al azar (factorial 3x3x3 con dos repeticiones).

Manejo de la morera: 25 000 plantas/ha; 3 cortes por año; fertilización después de cada corte; poda a 30cm del suelo.

Resultados:

A continuación se presentan los resultados de los efectos de sitio y fertilización nitrogenada sobre varios parámetros en las tres variedades.

Cuadro 1

Contenido de proteína cruda (%) de la hoja por variedad

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	20,1	21,0	22,2	21,1a
Coronado	22,2	25,7	26,3	24,8a
Paquera	17	13,7	14,8	15,1b
<u>Fertilización²</u>				
180kg	18,9	20,0	20,8	19,9
360 kg	20,5	19,9	20,8	20,4
480 kg	20,4	20,6	21,6	20,7
Promedio	19,8b	21,1a	20,1b	

¹ Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$) ² Nitrato de amonio.

Mayor valor: 26,0% (Indonesia y Tigreada en Coronado). Menor valor: 14,4% (Tigreada en Paquera).

Cuadro 2

Contenido de proteína cruda (%) del tallo tierno

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	11,2	12,1	13,0	12,1a
Coronado	13,4	14,3	13,9	13,9a
Paquera	9,4	8,7	12,4	9,4b
<u>Fertilización</u>				
180kg	11,2	11,6	12,7	11,8
360kg	11,3	11,8	11,8	11,7
480kg	11,4	11,7	12,6	11,9
Promedio	11,3	11,7	11,9	

¹ Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$). Mayor valor: 26,0% (Indonesia y Tigreada en Coronado). Menor valor: 14,4% (Tigreada en Paquera).

Cuadro 3

Digestibilidad de las hojas (% de DIVMS)

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	77,4	76,9	75,6	76,6a
Coronado	75,3	75,6	73,8	74,9a
Paquera	71,8	71,7	71,2	71,5b
<u>Fertilización</u>				
180kg	74,7	75,1	72,6	73,4
360kg	74,7	74,1	73,5	73,6
480kg	75,2	74,9	74,2	74,6
Promedio	74,4	74,2	73,1	

¹ Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$). Mayor valor: 78,0% (Criolla en Puriscal) Menor valor: 70,8 (Indonesia en Paquera)

Cuadro 4

Digestibilidad del tallo tierno (% de DIVMS)

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	62,8	62,8	69,9	66,7a
Coronado	68,7	67,4	67,9	67,9a
Paquera	65,9	58,9	64,8	63,0b
<u>Fertilización</u>				
180kg.	68,3	68,0	64,0	66,7
360kg	67,8	69,5	63,6	67,3
480kg	67,6	66,2	62,2	65,8
Promedio	67,9	67,6	64,9	

¹ Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$). Mayor valor: 69,9% (Indonesia en Puriscal) Menor Valor: 58,9% (Tigreada en Paquera)

Cuadro 5

Contenido de minerales (%) de la hoja y el tallo tierno.

	N	P	K	Ca	Mg
<u>Hojas</u>					
Criolla	3,16	0,28	2,07	1,90	0,47
Tigreada	3,22	0,38	2,33	2,74	0,55
Indonesia	3,37	0,33	1,73	2,87	0,63
<u>Tallo tierno</u>					
Criolla	1,81	0,29	2,24	1,33	0,35
Tigreada	1,87	0,33	2,41	1,38	0,29
Indonesia	1,98	0,43	2,99	1,53	0,26

Cuadro 6

Producción de materia seca (ton/ha/año) por variedad.

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	11,1	15,6	19,0	15,2b
Coronado	8,9	19,5	18,0	15,5b
Paquera	22,4	31,9	39,2	31,2a
<u>Fertilización</u>				
180kg	11,2	18,0	19,2	16,1b
360kg	13,7	22,8	28,3	21,6a
480kg	17,4	26,3	28,7	24,1a
Promedio	14,1c	22,3b	25,4a	

¹Valores con igual letra no difieren al 5%. Mayor producción: 45,2 ton/ha/año (Indonesia en Paquera con 360kg N). Menor producción: 6,5 ton/ha/año (Criolla en Puriscal con 180kg N/ha/año)

Cuadro 7

Producción de proteína cruda (ton/ha/año) por variedad.

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	1,16	1,59	1,58	1,44c
Coronado	1,24	2,59	2,13	1,99a
Paquera	1,48	1,81	1,82	1,70b
<u>Fertilización</u>				
180kg	0,93	1,67	1,45	1,35c
360kg	1,31	2,02	1,94	1,76b
480kg	1,65	2,30	2,14	2,03a
Promedio	1,29b	2,00a	1,84a	

¹Valores con igual letra no difieren al 5%. Mayor producción: 2,8 ton/ha/año (Tigreada en Coronado con 540kg N). Menor producción: 0,7 ton/ha/año (Criolla en Puriscal con 180kg N).

Cuadro 8.

Materia seca digestible (ton/ha/año) por variedad

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	4,57	5,94	5,54	5,35c
Coronado	4,3	8,16	6,37	6,28a
Paquera	6,41	9,53	8,86	8,27b
<u>Fertilización</u>				
180kg	3,9	6,59	5,45	5,31c
360kg	4,92	7,93	7,48	6,78b
480kg	6,46	9,1	7,84	7,80a
Promedio	5,09c	7,88a	6,92b	

¹Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$) según Duncan Mayor producción: 11,0 ton/ha/año (Tigreada en Paquera con 540kg N/ha/año). Menor producción: 2,8 ton/ha/año (Criolla en Puriscal con 180kg N/ha/año).

Cuadro 9

Producción de materia seca comestible (ton/ha/año).

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	5,95	7,85	7,37	7,05c
Coronado	5,76	10,99	8,74	8,50b
Paquera	8,96	13,40	12,49	11,62a
<u>Fertilización</u>				
180kg	5,32	8,95	7,6	7,29c
360kg	6,67	10,87	10,27	9,27b
480kg	8,69	12,42	10,72	10,61a
Promedio	6,89c	10,75a	9,53b	

¹Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$) según Duncan Mayor producción: 15,5 ton/ha/año (Tigreada en Paquera con 540kg N/ha/año). Menor producción: 3,6 ton/ha/año (Criolla en Puriscal con 180 kg N/ha/año).

Cuadro 10

Proporción de biomasa comestible (% de la biomasa).

<u>Sitio</u>	Criolla	Tigreada	Indonesia	Promedio
Puriscal ¹	53,9	50,2	38,7	46,3b
Coronado	64,6	56,4	48,6	55,0a
Paquera	40,1	42,0	31,8	37,3c
<u>Fertilización</u>				
180kg	52,8	51,5	41,3	45,2a
360kg	52,8	49,1	38,5	42,9a
480kg	52,9	48,7	39,6	44,0a
Promedio	48,9a	48,1a	37,5b	

¹Valores con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$) según Duncan Mayor proporción: 66,9% (Criolla en Coronado). Menor proporción: 31,0% (Indonesia en Paquera).

Potencial del guácimo (*Guazuma ulmifolia*) en sistemas silvopastoriles

L. Alfonso Giraldo V.

Universidad Nacional de Colombia, Medellín. Colombia

SUMMARY

This article describes the forage potential of guacimo (*Guazuma ulmifolia*) as a base component in the silvopastoral systems for the northern region of Colombia. It is estimated that there are around 15,000 ha in silvopastoral systems in this dry tropical forest, based on a wide variety of trees, coming from natural regeneration and deliberate thinning. An evaluation was made under natural conditions taking into account tree size and density. The trees were grouped together by size: large (crown > 2,34m), medium (crown 2,35 - 1,2m) and small (crown < 1,2m) and total biomass production, chemical composition and ruminal parameters were evaluated.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción ganadera tanto de leche, carne como de doble propósito, son importantes para el país por el suministro de bienes de consumo humano (leche y carne principalmente), el empleo y los aportes a la economía. Sin embargo, la producción animal basada en el ganado bovino, ha sido fuertemente cuestionada desde el punto de vista ambiental, dada su asociación con la degradación de los ecosistemas causada por la deforestación para establecer pasturas. Debido a ello, existe la necesidad de desarrollar tecnologías ecológicamente sostenibles y que sean económicamente competitivas y atractivas para el productor, para prevenir el acelerado ritmo de la deforestación y para buscar disminuir las extensas áreas de pasturas degradadas, especialmente en las zonas de ladera.

Una alternativa, es la integración de árboles, pasturas y animales, en sistemas de producción, cuyo objetivo principal es desarrollar tecnologías que busquen compatibilizar la silvocultura y la ganadería en los sistemas de producción, orientadas a mejorar el nivel alimenticio y productivo de los animales, la utilización racional de los recursos y el desempeño económico y ambiental de la ganadería.

El uso de árboles tiene como objetivo principal la creación de un sistema multiestratificado que imite al bosque tropical y que ayude a asegurar el reciclaje de nutrimentos, así como el uso óptimo de la energía solar y otros, mientras proporciona productos y servicios múltiples. Se ha postulado que los sistemas silvopastoriles, en donde se combinan diversas formas de producción animal con árboles para diferentes propósitos, responden en parte a los problemas de la deforestación y degradación de los ecosistemas y a la sostenibilidad de la ganadería.

Los sistemas silvopastoriles, son de mucha importancia, especialmente en América Latina, en donde la necesidad de la ganadería por pasturas, produce una enorme presión en las áreas de bosques tropicales (Sánchez, 1995). La introducción en fincas de leguminosas arbustivas y/o arbóreas que sean tolerantes al verano, se muestra como una alternativa para aliviar deficiencias nutricionales de bovinos en pastoreo, durante las épocas de sequía, en donde la cantidad de biomasa disponible para el consumo es escasa.

En los próximos años, se deben intensificar las investigaciones en sistemas silvopastoriles, tendientes a la utilización del follaje de las especies leñosas para la alimentación de rumiantes, a entender mejor las interacciones directas árboles/suelos, árboles/pastos y árboles/animales, así como aquellas medidas a través del reciclaje (Giraldo, 1996a).

SILVOPASTOREO COMO ALTERNATIVA PARA LA GANADERÍA

La creciente expansión de la ganadería en diversas zonas, se explica en gran medida, porque la tierra y los bosques, húmedos y de zonas Andinas y secas, han sido percibidos como recursos relativamente abundantes.

La baja productividad y la degradación del ambiente caracterizan las explotaciones pecuarias tradicionales de muchas regiones, en especial las zonas de ecosistemas de bosque húmedo y secos de suelos pobres. Se ha reconocido el fenómeno y se han descrito los procesos típicos de degradación de pasturas tropicales, cuando son utilizadas especies no adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, bióticas y de sistemas de

producción de las diferentes zonas agroecológicas prevalentes en zonas ganaderas tropicales (Serraô, 1987; Salinas, 1987).

En países tropicales como el nuestro, las estrategias para el desarrollo de la producción animal del futuro, deberán basarse en mayor grado en los sistemas integrados. Para ello se deben adaptar, investigar y desarrollar los sistemas de producción animal, agrícola y forestal que sean compatibles, buscando minimizar la compra de insumos químicos, reducir la contaminación y la destrucción de los recursos naturales (Giraldo, 1996a).

Bajo la presión de producir alimentos en sistemas que mantengan estables su producción y rentabilidad a largo plazo, sin generar inequidad social y preservando todos los recursos naturales bajo el paradigma de la sostenibilidad, han cobrado especial importancia el uso de árboles forrajeros como fuente viable para la alimentación animal y más recientemente el manejo de sistemas silvopastoriles que integran el uso de pasturas, árboles y animales con diferentes objetivos y estrategias de producción (Giraldo, 1996a).

El gran reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir la demanda de la población y que, además, garantice la conservación de los recursos naturales y del medio ambiente. Dentro del esfuerzo en la generación y aplicación de tecnologías apropiadas a las características de nuestro medio, se visualiza la actividad ganadera en sistemas silvopastoriles, que constituyen un enfoque válido, necesario y actual en la capacitación, investigación y transferencia para el desarrollo de la producción animal en nuestro país. Un sistema silvopastoril, es cualquier situación donde se desarrollen conjuntamente árboles o arbustos con pasturas y animales, en un manejo integral cuyo objetivo principal sea incrementar el beneficio neto por hectárea a largo plazo (Giraldo, 1996a).

Las principales características deseables de los árboles de uso múltiple, son: existencia de uno o más productos distintos de la madera; permitir el crecimiento de las plantas debajo del dosel; tener efectos favorables sobre la conservación de los suelos y capacidad para resistir podas repetidas y buena habilidad de rebrotes (Giraldo, 1996a).

Sin embargo, aún hace falta información y documentación bien caracterizada a largo plazo en nuestro medio, que permita aumentar los conocimientos sobre las interacciones entre árboles/pasturas y/o animales.

Se ha postulado que los sistemas silvopastoriles, en donde se combinan diversas formas de producción animal con árboles para diferentes propósitos, responden en parte a los problemas de la deforestación y degradación de los ecosistemas y a la sostenibilidad de la ganadería. Los árboles fijadores de nitrógeno aparecen como particularmente prometedores para reducir el proceso de degradación, e intensificar en forma sostenible la producción de proteína de origen animal (Borel, 1987).

Los sistemas silvopastoriles deberán incluir el uso de especies arbóreas, herbáceas y germoplasma animal, adaptados a las condiciones bióticas y abióticas prevalentes, en tal forma que permitan incrementar la productividad animal de una manera acelerada, sostenida y estable. De esta manera, los sistemas silvopastoriles representan una posibilidad de mejora de la productividad y la estabilidad de los sistemas de uso de la tierra en diferentes ecosistemas del país. Sin embargo, el aporte de los árboles al sistema no ha sido cuantificado en nuestro medio. En consecuencia parece necesario identificar y diseñar sistemas silvopastoriles y evaluarlos tanto en prototipos como en fincas de áreas representativas de diferentes ecosistemas.

El potencial de los sistemas silvopastoriles para la producción animal es alto, si se tiene en cuenta que las leñosas perennes, como componentes fundamentales de los sistemas, pueden estar constituidas por árboles forrajeros de gran diversidad biológica. El mayor potencial se encuentra en las especies de la familia leguminosa; sin embargo, casi cualquier especie de árbol es potencialmente apta dependiendo de las características ambientales y socioeconómicas locales, así como de las especies a asociar, del arreglo de componentes y de la función para la cual se incluye (Giraldo 1996b).

En los sistemas silvopastoriles, las interacciones entre los componentes son de mucha importancia, debido a que condicionan el éxito del sistema y proveen los principales puntos de intervención del hombre para su manejo (Borel, 1987).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL GUÁCIMO

El guácimo, es un árbol de la familia Sterculiaceae, de porte pequeño a mediano, que puede alcanzar hasta 15m de altura. De copa redonda y extendida. Su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas, ovaladas a lanceoladas. Sus flores pequeñas y amarillas, se agrupan en

panículas en la base de las hojas. Sus frutos son cápsulas verrugosas y elípticas, negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas y duras. Crece bien en zonas cálidas con temperaturas promedios de 24°C, de 700 a 1 500 mm de precipitación/año y desde el nivel del mar a los 1 200 msnm. Se dá en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5,5 (Silvoenergía, 1986).

Se usa para leña, siendo fácil de rajar y secar, resiste la pudrición, tiene buena producción de brasas, calor y poco humo. Se ha empleado para la fabricación de carbón. Su madera se emplea para postes en cercas y varas para construcciones rurales. Sus rebrotes, se pueden usar para la producción de varas tutoras o de sostén de cultivos agrícolas. También se puede utilizar su madera en carpintería, ebanistería y en la fabricación de cajas de embalaje (Silvoenergía, 1986).

Sus hojas y frutos son palatables y comestibles para el ganado. Las hojas poseen cerca de un 17% de proteína bruta, con una digestibilidad *in vitro* de 40-60% (Silvoenergía, 1986).

POTENCIAL FORRAJERO DEL GUÁCIMO

En los sistemas silvopastoriles la producción total de biomasa es usualmente mayor que la de los monocultivos. Un monocultivo de gramíneas forrajeras se calcula que produce entre 10-12 ton/ha/año de materia seca (Gosz *et al.*, 1978; Pezo, 1982). Sin embargo, la producción total de biomasa comestible en los sistemas silvopastoriles es mayor que la encontrada en pastos solos, debido a un mejor aprovechamiento del espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo, que supone una mayor captación de nutrientes y energía (Benavides, 1983).

En el cuadro 1 se puede apreciar como, la presencia de los árboles leguminosos en las pasturas incrementan la producción de materia seca disponible total (árboles + pastura), con respecto al tratamiento sin la presencia de árboles; así se manifiesta la ventaja de la presencia de los árboles dentro de las pasturas, sin que ello represente disminución de la productividad animal, como es la creencia común (Giraldo, 1996a).

Las interacciones entre los componentes de los sistemas silvopastoriles, dependerá de las especies seleccionadas, de la densidad

Cuadro 1

Efecto del asocio de árboles leguminosos sobre la disponibilidad de la materia seca.

Tratamiento	Materia seca ofrecida (kg/ha/año)
Solo pasto	4 019 c
Pasto + árboles	4 160 ab
Pasto + ganado	4 240 b
Pasto + ganado + árboles	4 518 a

Valores con diferente letra son diferentes ($P < 0,07$). Fuente: CATIE, 1991.

del componente arbóreo, del arreglo espacial y del manejo aplicado (Giraldo y Vélez, 1993).

RECICLAJE DE NUTRIENTES EN SILVOPASTOREO BASADO EN GUÁCIMO

Según la especie y el suelo, los árboles pueden llegar a horizontes más profundos del suelo, absorber nutrientes y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, ramas y frutos (Budowski, 1981).

Rusco 1983, en Costa Rica, encontró un aporte de biomasa de 23 ton MS/ha/año, mediante una poda anual en plantaciones con 280 árboles/ha de *Erythrina poeppigiana*, que aportan 331kg de N, 32kg de P, 156kg de K, 319kg de Ca y 86kg de Mg.

Esto indica, el potencial económico en el uso de fertilizantes químicos. Si además, la especie arbórea es maderable, es muy importante el crecimiento del fuste, ya que retiene cantidades altas de nutrimentos que serán luego exportados del sistema con la cosecha.

Evaluaciones realizadas en sistemas silvopastoriles naturales (cuadro 2), con bovinos en Pinto (Magdalena), a 1 100 msnm, 28°C en zona de bs-T, en pasturas de *P. maximum*, asociado con una gran diversidad de árboles, entre los que sobresalen Guácimo, en diferentes densidades y área de cobertura de la sombra que proyecta la copa de los árboles, muestran aportes importantes de nutrientes como N, P y K.

Los valores de K, son más altos a los encontrados con el carbonero que es una leguminosa, siendo un nutrimento muy importante para la pastura de guinea (*P. maximum*), parte que puede ser reciclado por medio de los árboles de guácimo.

Se ha documentado, como el efecto de los árboles sobre los suelos en los diferentes sistemas silvopastoriles se traduce en un incremento de la

Cuadro 2

Aportes de elementos nutritivos de árboles de Guácimo (*G. ulmifolia*) al suelo, en un sistema silvopastoril natural, con tres densidades de árboles, Pinto (Magdalena)*.

Densidad de arboles	Nitrógeno	Fósforo (kg/ha)	Potasio
Alta	35,51a (69,21)a*	2,18a (3,27)a	2,91b (33,54)a
Medio	33,08a (62,77)a	2,04a (3,19)a	4,84a (32,53)a
Baja	10,30b (26,89)b	0,99a (1,66)a	2,03b (14,09)a

Valores con letras diferentes difieren ($P < 0,05$). *Entre paréntesis datos del invierno.

Fuente: Adaptado de Botero *et al.*, 1995.

fertilidad, este efecto es más marcado cuando los árboles alcanzan tamaños mayores (Isichei y Muoghalu, 1992).

EL POTENCIAL DEL GUÁCIMO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Se han identificado una gran diversidad de especies arbóreas y arbustivas, con alto potencial para alimentación animal en sistemas silvopastoriles, o como bancos de proteína en diferentes zonas y para diferentes condiciones edafoclimáticas. Se pueden mencionar *Acacia sp.* (*auriculiforme*, *albida*, *tortilis*, *mangium*), *Albizia falcataria*, *Alnus sp.* (especialmente *A. acuminata*), *Anacardium occidentale*, *Cajanus cajan*, *Calliandra spp.*, (principalmente *A. callothyrsus*), *Cassia spp.* (principalmente *C. siamea*), *Casuarina equisetifolia*, *Cordia alliodora*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Erythrina spp.* (*Poeppigiana*, *fusca* etc.), *Gliricidia sepium*, *Inga spp.*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa scabrella*, *Parkia, spp.*, *Parkinsonia aculeata*, *Pithecellobium dulce*, *Samanea saman* y *Terminalia spp.* (Labelle, 1987; Young, 1989).

En la zona de Pinto (Magdalena), evaluaciones realizadas en varias fincas, muestran producciones de forraje de guácimo altas, dependiendo del número de árboles por hectárea (Cuadro 3). Sin embargo, esto puede

estar relacionado además, con el tamaño, edad y otras medidas dasométricas de los árboles.

Datos del CATIE (1986), indican que el Guácimo, es una especie que rebrota muy bien después de podarla y que produce buena cantidad de biomasa comestible para los animales.

Cuadro 3

Densidad de árboles y producción de forraje de guácimo, en varias fincas de Pinto Magdalena*.

Parámetro	Finca 1	Finca 2	Finca 3	Finca 4
# Árboles/ha	20	12	10	10
Forraje (kg MS/ha)**	1 224	734	612	536

*20 Muestras, cada uno de 1 ha. **Promedio de tres árboles.

En la costa Norte del país, a mayor tamaño del árbol de Guácimo, produce mayor biomasa comestible, en parte explicado por la alta concentración de materia seca en su follaje (Cuadro 4).

Cuadro 4

Producción de biomasa de árboles de Guácimo, de distintos tamaños, Pinto, Magdalena.

Tamaño del árbol*	Materia verde	Materia seca	
	(kg/árbol)	(%)	(kg/árbol)
Grande (Fuste > 2,35m.)	169	44	74
Mediano (Fuste entre 1,2-2,35m.)	106	46	49
Pequeño (Fuste < 1,2m.)	4,5	38	1,7

*Promedio de tres árboles.

En general, el mayor potencial entre las arbóreas, se encuentra en las especies leguminosas. Así por ejemplo, *Gliricidia sepium* tiene 35% de MS, 25% de proteína cruda y 2 Mcal de EM/kg de MS. *Erythrina poeppigiana* tiene valores similares (23% de MS, 25% de proteína y 2 Mcal de EM), en cambio el pasto guinea (*P. maximum*), tiene 19,5% de MS, 10,7% de proteína y 2 Mcal de EM (Giraldo, 1996a).

Se reconoce que los forrajes de los árboles y arbustos, muestran valores de proteína cruda relativamente altos, dependiendo de la especie y tipo de árbol, en Costa Rica se reportan contenidos de proteína cruda por

encima de 14% en varias especies consideradas como promisorias para incluirlas en sistemas silvopastoriles (Cuadro 5).

En Pinto, los valores de proteína cruda para guácimo en sistemas silvopastoriles, asociados con pasto guinea, muestran cifras modestas para el Guácimo, colocándolo como especie promisorio para sistemas silvopastoriles, cuando se trata de cubrir deficiencias en los aportes de nitrógeno aportadas por el pasto guinea en verano (3,8% PC), para la fermentación ruminal (Cuadro 6).

Cuadro 5

Composición química, tipo de fibra y consumo de forrajes de tres árboles en sistemas silvopastoriles en Costa Rica.

Variable	Leucaena	Matarratón	Guácimo
Proteína Cruda (%)	25,0	25,8	14,7
FDN (%)	47,8	43,5	49,5
FDA (%)	28,5	26,2	31,4
Consumo MS (% peso vivo)	0,512b	0,868a	0,709a

Medias con letra distinta son diferentes ($P < 0,05$)

Fuente: Adaptado de Pezo *et al.*, 1990.

Cuadro 6

Contenido de proteína cruda de árboles de guácimo en un sistema silvopastoril natural, con tres densidades de árboles, Pinto, Magdalena.

Densidad de árboles	Verano	Invierno
Alta	10,40a	18,30a
Media	8,45a	5,49a
Baja	9,78a	14,57

Letras iguales en la columna, no difieren ($P < 0,05$).

Fuente: Adaptado de Botero *et al.*, 1995.

La fibra, representada en el grupo de carbohidratos como aquellos presentes en la estructura de las membranas celulares del forraje de guácimo (FD o fibra propiamente dicha), conocidos como carbohidratos estructuras, los que forman parte de la pared celular, tales como celulosa, hemicelulosa y lignina, muestra valores menores a los reportados para forrajes de gramíneas en climas cálidos (por encima de 65% de FDN) y los que se localizan en el protoplasma de la planta (FDA), nombrados

como carbohidratos solubles, presentes en el interior de la célula tales como almidones, azúcares y pectinas muestra valores relativamente adecuados en las tres densidades de árboles en sistemas silvopastoriles (Cuadro 7)

Sin embargo, el valor nutritivo de los árboles varía en los diferentes componentes de la biomasa arbórea, las hojas presentan mayores concentraciones de nutrientes que las ramas y los tallos. La variación también se ha relacionado con la edad y con la posición en el árbol, las

Cuadro 7

Contenido de fibras detergente ácido y detergente neutro del guácimo en un sistema silvopastoril natural, con tres densidades y áreas de copa de los árboles, Pinto, Magdalena

Densidad de árboles	Fibra detergente ácido		Fibra detergente neutro	
	Invierno	Verano	Invierno	Verano
Alta (3,667)	41,71a	48,84a	45,88a	42,98a
Testigo (2,795)	44,99a	41,96a	52,28a	44,68a
Baja (1,546)	45,94a	33,56a	9,62a	37,77a

Entre paréntesis área de la copa de los árboles (m²). Letras iguales no difieren (P<0,05).

Fuente: Adaptado de Botero *et al.*, 1995.

hojas jóvenes son más ricas en proteínas y más digestibles, debido a las concentraciones menores de lignina y posiblemente de taninos (Benavides, 1991). En Pinto, el tamaño del árbol, está muy relacionado con su composición química (Cuadro 8).

En nutrición animal de rumiantes, los estudios de degradación ruminal *in situ*, usando la técnica de la bolsa de nylon, permiten estimar la degradación de los forrajes a nivel ruminal, seleccionar forrajes que maximicen la síntesis de proteína microbiana en el ecosistema ruminal y utilizar la información en modelos dinámicos de digestión que permiten simular el consumo de forrajes por los animales.

La degradabilidad ruminal *in situ*, para el pasto guinea creciendo en sistemas silvopastoriles con Guácimo y otros, en Pinto durante el verano, es muy baja (alrededor del 40%) a las 96 horas de incubación intra ruminal, independientemente de la densidad de árboles en el sistema silvopastoril.

Cuadro 8

Composición química y degradabilidad ruminal del guácimo en función del tamaño del árbol.

Tamaño árbol*	Proteína Cruda(%)	FDA(%)	DIVMS(%)**
Grande (Fuste mayor 2,35 m.)	15	46	69
Mediano (Fuste entre 1,2-2,35 m.)	14	45	94
Pequeño (Fuste menor 1,2 m.)	23	27	85

*Tres árboles muestreados. **Digestibilidad *in situ* a 48h de incubación intra ruminal.

En época de invierno, la degradabilidad de la MS es mayor respecto al verano (65% para densidad alta y baja, en cambio 57% para densidad media o testigo a las 96h de incubación ruminal). Adicionalmente, la velocidad de degradación es muy lenta, lo cual indica que la cantidad de energía que puede ser extraída del forraje durante el tiempo que permanece en el rumen es poca.

Para el forraje comestible del Guácimo en verano, es mayor la degradabilidad ruminal de los árboles en la densidad alta (80% a las 72 horas de incubación^o intra ruminal) y más rápida (mayor pendiente), a pesar de tener menor fracción soluble (33% a las seis horas de incubación). La degradabilidad ruminal de la biomasa comestible del árbol de guácimo, varía dependiendo del tamaño del árbol y de la posición de las ramas dentro del árbol (Cuadro 9).

La degradabilidad inicial o solubilidad ruminal, es media en todos los casos. El potencial de aporte energético es menor en los árboles pequeños (con fuste menor de 1,2m), dado la baja tasa de degradación de la MS.

Cuadro 9

Parámetros de la dinámica digestiva ruminal, en tres tamaños de árboles de Guácimo, en Pinto, Magdalena.

Parametro ruminal	Tamaño del árbol		
	Grande ¹	Mediano ²	Pequeño ³
Degradabilidad Ruminal(%)	69,3	94,3	85
Degradabilidad inicial (%)	15,3	16,4	13,6
Tasa de degradación(%/h)	0,182	0,125	0,066
Tiempo medio degradación(h)	3,8	5,5	10,5

¹ Fuste mayor 2,35m. ² Fuste entre 1,2-2,35m. ³ Fuste menor 1,2m.

Los árboles de tamaño mediano (longitud de fuste entre 1,2 y 2,35m), muestran los mejores parámetros ruminales, lo que los mostraría con mayor potencial de uso en suplementación animal.

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LOS ÁRBOLES DE GUÁCIMO EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

La producción de madera o leña son otros productos importantes que se puede obtener de los sistemas silvopastoriles. Se ha reportado como los árboles de guayaba producen hasta 69 m³/ha de leña o 148 esteros/ha (Somarriba, 1990). La materia verde gruesa (MVG), representa el potencial de leña de una arbórea en los sistemas silvopastoriles.

En Pinto (Cuadro 10), los resultados muestran como los árboles grandes llenan el requisito de tener un DAP superior a 35 centímetros, que es el mínimo para elaborar una troza. La madera del Guácimo, tiene un poder calórico de 18,400 kj/kg. La madera posee una gravedad específica de 0,45-0,65 g/c³ (CATIE, 1986), lo que significa una madera de características duras y de fácil laboreo. Se han reportado en Guácimo, rendimientos entre 2-5 ton/ha/año de leña seca (Silvoenergía, 1986).

Se evidencia, como el guácimo es una alternativa para ser incorporada en los sistemas silvopastoriles, dado su producción de biomasa, su composición química y evaluación nutricional preliminar, sin embargo es indispensables intensificar su investigación en el país.

Cuadro 10

Algunas medidas dasométricas en dos tamaños de árboles de Guácimo, en Pinto, Magdalena.

Tamaño del árbol		Longitud del fuste	C.V.	DAP	C.V
	(#)	(m)	(%)	(m)	(%)
Grande	2,35	2,35	14,8	0,37	8,3
Mediano	1,21	1,21	7,4	0,16	15,4

AGRADECIMIENTOS

Al Comité de Investigaciones y Desarrollo Científico (CINDEC), de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, por el apoyo económico y logístico.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides, J.E.** 1983. Investigación en árboles forrajeros. En: *Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales con énfasis en la medición de parámetros biológicos y socioeconómicos*. Contribuciones de los participantes. Comp. Babar. Turrialba, Costa Rica. CATIE. (Mimeogr). p. irr.
- Borel, R.** 1987. Sistemas silvopastoriles para la producción animal en el trópico y uso de árboles forrajeros en alimentación animal. En: *Memorias VI Encuentro Nacional de Zootecnia*. Cali. Octubre 18-31/87. 24p.
- Botero, J.; David, P. y Saldarriaga, J.** 1995. *Efecto de Tres Densidades de Arboles en el Potencial Forrajero de Un Sistema Silvopastoril Situado en Bosque seco Tropical*. Tesis Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 105 p.
- Budowski, G.** 1981. *Algunas ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia simultánea o secuencias de árboles asociados con cultivos y/o plantas forrajeras) en comparación con cultivos no arbóreos*. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 4 p.
- CATIE.** 1986. *Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América central: resultados de cinco años de investigación*. Informe Técnico ☞ 86.
- CATIE.** 1991 *Sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo bajo*. Segundo Informe Anual. Turrialba, Costa Rica. CATIE/CIID. 170 p.
- Giraldo, L.A.** 1994. *Manejo y utilización sostenible de pasturas*. 2a Edición. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 323 p.
- Giraldo, L.A. y Vélez, G.** 1993. El componente animal en los sistemas silvopastoriles. *Industria y Producción Agropecuaria*. AZOODEA. Medellín. 1(3):27-31
- Giraldo, L. A.** 1996A. Efecto de tres Densidades de Arboles en el Potencial Forrajero de un Sistema Silvopastoril Natural. En: *Memorias Seminario Internacional Sistemas Silvopastoriles: Casos Exitosos y su Potencial en Colombia*. Santafé de Bogotá, La Dorada, Santa Marta: Noviembre 27-29/Diciembre 1 de 1995. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. p 57-72.
- Giraldo, L. A.** 1996b. El papel de la Agroforestería en la Producción Animal y el Medio Ambiente. En: *Memorias Primer Seminario Nacional Agroambiental. El manejo ecológico de la producción y la sanidad agropecuaria*. Medellín, Agosto 21 al 23 de 1996. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid. p51-67.
- Gosz, J., Holmes, R., Likens, G. y Borman, F.** 1978. El flujo de energía en un ecosistema de bosque. *Investigación y Ciencia*. 20:46-57.
- Isichei, A. & Mudghalu, J.** 1992. The effects of tree canopy cover on soil fertility in a Nigeria Savanna. *J. of Tropical Ecology*. 8:329-338.
- Labelle, R.** 1987. *Agroforestry: General concepts, early work and current initiatives*. A review of the literature. ICRAF, Working paper N- 46 (Kenia). 53 p.
- Pezo, D.** 1982. El pasto base de la producción bovina. En: Aspectos nutricionales en los sistemas de producción bovina. Turrialba, Costa Rica. CATIE. *Serie materiales de enseñanza* 7: 87-109.
- Pezo, D., Kass, M., Benavides, J.E., Romero, F. & Chaves, C.** 1990. Potential of legume tree fodders as animal feed in Central America. In: *Shrubs and tree fodders for*

- farm animals*. (1989, Denpasar, Indonesia). Proceeding of a Workshop. Ed. por C. Devendra. Ottawa, Canadá. IDRC. p163-175.
- Russo, O.** 1983. Fijación de nitrógeno en sistemas agroforestales via árboles de uso múltiple. En: *Curso corto sobre metodologías de investigación Agroforestal en el trópico húmedo*. Cali, Colombia. Trabajos presentados. CATIE 11p.
- Salinas, J.** 1987. Experiencias sobre recuperación de áreas degradadas con pasturas en el Trópico Húmedo. En: *Curso-Taller sobre establecimiento, mantenimiento y producción de pasturas en la selva Peruana*. INIAA-IVITA-CIAT, Pucallpa. p161-186.
- Sánchez, P.** 1995. Hacia dónde va la Agroforestería ? *Agroforestería en las Américas*. 2(5):4-5. Turrialba, Costa Rica.
- Serraô, E.** 1987. Pasturas mejoradas en área de bosque en el trópico húmedo brasileño: Conocimientos actuales. En: *Memorias VI Encuentro Nacional de Zootecnia*. Cali, Colombia. 1987. 43p.
- Silvoenergía** 1986. *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central*. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. Turrialba. Costa Rica.
- Somarriba, E.** 1990. Pasture growth and floristic composition under the shade of guajava (*Psidium guajava*) trees in Costa Rica. *Agroforestry Systems* (Netherlands), 6:153-162.
- Young, A.** 1989. *Agroforestry for soil conservation*. Oxon. Reino Unido. CAB. 276 p.

Comentarios

Elizabeth Olivares

Me parecen muy interesantes los planteamientos sobre el guácimo expuestos por Giraldo, ya que se demuestra el potencial forrajero de esta especie. Sin embargo, en los párrafos anterior y posterior a el Cuadro 7, aparecen algunas aseveraciones en el aspecto bioquímico en las que no estoy de acuerdo por lo siguiente: (1) la fibra se encuentra en la pared celular y no en la membrana que está constituida en su mayor parte por lípidos y proteínas; (2) la lignina no es un carbohidrato. Se le considera un producto secundario, su formación sigue la ruta del ácido shiquímico, fenilalanina, ácido cinámico, precursores y lignina (Bennett y Wallsgrove, 1994; Grisebach, 1981). (3) la pectina es un componente de la pared celular y por lo tanto no pertenece al grupo de los carbohidratos no estructurales, que incluye los carbohidratos solubles (sacarosa, glucosa, fructosa, etc.) y los no solubles (almidón y algunos glucanos)(Aspinall, 1980). En algunos casos se ha visto que las hojas jóvenes poseen más lignina que viejas y esto les podría dar una mayor resistencia a hongos patógenos y a la herbivoría. Sin embargo esto no es una generalidad. Coley (1983) estudió 46 especies arbóreas en Panamá y 28 presentaban hojas adultas con mayor contenido de lignina que las hojas jóvenes. Una hoja joven es aquella que no ha terminado de expandirse y generalmente posee menos lignina (del latín leño) que una hoja adulta, y junto a la celulosa (componente de la pared celular) está asociada a la dureza de la hoja. Un índice de dureza, expresado en unidades de fuerza, se mide como la facilidad de atravesar la hoja con un cilindro de 5mm de diámetro. Se ha reportado que este índice es menor en hojas jóvenes que adultas, siendo bajo en las hojas que se expanden rápido y mediano en aquellas con expansión lenta (Coley y Kursar, 1996).

- Aspinall, G.O. 1980. Chemistry of cell wall polysaccharides. En: *The Biochemistry of Plants*. Vol 3: Carbohydrates: Structure and Function. Preiss J (ed.). p473- 500.
- Bennett, RN & Wallsgrove, RM. 1994. Secondary metabolites in plant defence mechanisms. *New Phytologist* 127:617-633.
- Coley, PD. 1983. Herbivory and defensive characteristics of tree species in a lowland tropical forest. *Ecological Monographs* 53(2):209-233.
- Coley, P.D. & Kursar, TA. 1996. Anti-herbivore defenses of young tropical leaves: physiological constraints and ecological trade-offs. In: Mulkey SS, Chazdon RL, Smith AP. *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman & Hall. New York. p3005-336.

Grisebach, H. 1981. Lignins. En: The Biochemistry of Plants. Vol 7: Secondary Plant Products. Conn EE (ed.). p457-478.

Roberto Sánchez, Jatnel Alonso, Tomas Ruiz y Gustavo Febles

La *G. ulmifolia* es también un árbol muy conocido y ampliamente distribuido en Cuba. En algunas zonas de montaña es utilizado como sombra del cafeto. Además debe señalarse que su fruto, es muy apetecido por algunas especies de murciélagos también insectívoros, lo que contribuye a una equilibrada diversidad biológica del ecosistema. En otro orden de cosas nos gustaría que nos aclarara en que condiciones de manejo es que se logran los valores de producción de forraje que se señala el autor ya que en algunos casos solo señala la densidad de plantación o el número de árboles muestreados y da la impresión que se refiere a árboles a los cuales se les determina el volumen de follaje en un solo corte. ¿Existen experiencias para diferentes frecuencias de corte? En el cuadro 6 se muestran algunos datos adaptados de Botero *et al.*, 1995, referentes al contenido de proteína cruda (PC) del guácimo en un sistema silvopastoril natural con 3 densidades de árboles en Pinto (Magdalena). Suponemos que los valores estén expresados en porcentaje. Para el verano, este indicador no presenta gran variación, 8.5 a 10.4% para las tres densidades en estudio. Sin embargo en comparación con el periodo invernal sí se encuentra diferencia pues en la densidad más alta se alcanzan valores de hasta de 18.3% de PC. Sin embargo, en esta época del año la densidad media presenta un pobre 5.5% de PC, aunque no aparece especificado a que se llama densidad baja, media y alta al ver que la densidad menor para esa época alcanza 14.6% de PC no encontramos una explicación para esta situación y nos gustaría saber si ustedes tienen alguna. A continuación se reconoce que en estos sistemas el guácimo presenta valores de PC modestos y sin embargo catalogan a esta especie como promisoría cuando se trata de cubrir deficiencias en el aporte de nitrógeno. Es cierto que la PC del pasto base es muy baja (3.8%) así la superioridad del guácimo es evidente pero entonces sería necesario hacer otros análisis relativos al pasto. No obstante con base en los datos presentados coincidimos plenamente en considerar el Guácimo como una alternativa para ser incorporada en los sistemas silvopastoriles pero que es imprescindible intensificar la investigación relacionada con esta especie.

***Tithonia diversifolia*, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico**

Clara I. Ríos Kato

Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

SUMMARY

This article summarises the state of the art in a multipurpose species with forage potential: *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, found in various tropical countries. The species has various important characteristics: capacity for adaptation, low demand for inputs and manual labour for its management, and many different uses. Information is given regarding its botanical description, origin, distribution, range of adaptation, ethnobotany, propagation, management, biomass production and nutritional characteristics. Finally a few suggestions are made for future research.

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia es una planta herbácea de la familia Asteracea, originaria de Centro América (Nash, 1976). Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Es además una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Ríos, 1997).

En Colombia, se utiliza en apicultura y alimentación de vacas, conejos (Ríos, 1993), cuyes (Gálvez, 1995), ovejas (Vargas, 1992), y cerdos (Solarte, 1994). También se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas y áreas de bosque para protección de fuentes de agua (Ríos, 1997). Se utiliza también como especie ornamental

y en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos.

En Costa Rica se está utilizando *T. diversifolia* a nivel experimental para incrementar la producción de fríjol en barbechos mejorados. Se considera que esta especie aporta nutrientes en especial fósforo, para el desarrollo del fríjol (Gloria Meléndez, Universidad de Costa Rica, comunicación personal). En Filipinas se utiliza como abono verde en cultivos de arroz (Cairns, 1996)

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA Y CLASIFICACIÓN

T. diversifolia es una planta herbácea de 1,5 a 4,0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas de 7 a 20 cm de largo y 4 a 20 cm de ancho. Presenta 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base, decurrentes en su mayoría en la base del pecíolo, bordes aserrados, pedúnculos de 4 a 20 cm de largo, lígulas amarillas a naranja de 3 a 6 cm de longitud y corolas amarillas de 8 mm de longitud (Nash, 1976)

Origen y distribución

La familia Asteracea posee unas 15,000 especies distribuidas por todo el mundo (Gómez y Rivera, 1987). El género *Tithonia* comprende diez especies originarias de Centro América. *T. diversifolia* fue introducida a Filipinas (Cairns, 1997b) la India y Ceilán. También se registra en el Sur de México, Guatemala, Honduras, Salvador, Costa Rica, Panamá (Nash, 1976), Cuba (Roig y Mesa, 1974), Venezuela (Adolfo Cardozo, comunicación personal) y Colombia (Ríos, 1993).

Rango de adaptación

En Guatemala se registra entre los 200 y los 2 300 msnm, en matorrales húmedos o secos (Nash, 1976).

En Venezuela se encuentra en los estados de Carabobo, Aragua, Portuguesa y Trujillo entre los 300 y 1,700 msnm (Adolfo Cardozo, comunicación personal).

En Colombia esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 2 700 m en La Cocha (Nariño) (Enrique Murgueitio, comunicación personal), con precipitaciones que fluctúan entre 800 a 5,000 mm y en diferentes tipos

de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad (Ríos, 1997). Se encuentra creciendo espontánea a orillas de caminos y ríos.

Nombres comunes

En Guatemala se conoce con los nombre de mirasol, k'onon, q'il, sun, quil, quil amargo y saján grande (Nash, 1976). En Venezuela como tara, taro (Estados Carabobo y Aragua), flor amarillo (Estado Portuguesa) y árnica (Estado Trujillo) (A. Cardozo, comunicación personal). En Colombia se denomina mirasol, botón dorado, girasola, gamboa (Navarro y Rodríguez, 1990), girasol (Patricia Navarrete, comunicación personal) y botón de oro (Ríos, 1993). En Cuba, margaritona o árnica de la tierra (Roig y Mesa, 1974). También se conoce como wild sunflower, o Mexican sun flower (Cairns, 1996).

USOS

Alimentación animal

T. diversifolia es apreciada por los apicultores como fuente de néctar en Luzon, Filipinas (Cairns, 1997a) y en zona cafetera de Colombia. El apiario se rodea con una franja ancha de *T. diversifolia*, sembrada a partir de estacas a 1 m de distancia. Se determinan tres anillos de corte, los cuales se cosechan en forma escalonada con un intervalo de 4 meses entre ellos, estableciendo una frecuencia anual de corte a las plantas. De esta manera hay disponibilidad de flores todo el año para la alimentación de las abejas y el cultivo cumple también con las funciones de rompevientos y protección del apiario. La biomasa producida por las plantas se deja en el sitio, para su descomposición e incorporación lenta al suelo. Es este cultivo el manejo es mínimo, no se aplican agroquímicos. En Restrepo, Valle del Cauca, Colombia, existe un cultivo con diez años de edad, en buen estado, bajo este sistema de mínimo manejo y sin aplicación de agroquímicos (Ríos y Salazar, 1995). En el Estado de Carabobo (Venezuela) la miel producida a partir de estas flores, alcanza un mayor precio (A. Cardozo comunicación personal).

Se utiliza para alimentación de cabras en un sistema de corte y acarreo en Mindanao, Filipinas. El estiércol de los animales se aplica en los callejones del cultivo. Este sistema combina los beneficios de la producción pecuaria, el ciclaje eficiente de nutrientes y la conservación de suelos. También se aprovecha para el ramoneo de ovejas y, en Luzón,

algunos agricultores esparcen hojas de *T. diversifolia* en los estanques para ser consumida por tilapias. Adicionalmente en Indonesia y Filipinas se han realizado ensayos con resultados promisorios, al incorporar hojas de esta especie en raciones para alimentación de gallinas (Cairns, 1997).

Un sistema de producción en Venezuela utiliza *Tithonia* como forraje fresco sin picar. Este se ofrece colgado para el consumo de ovejas y cabras, como parte de una dieta con cogollo de caña y pasto elefante. En la tarde se ofrece a los animales, forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y cañafistola (*Cassia moschata*) (A. Cardozo, comunicación personal).

En Colombia, se ha observado un excelente consumo por vacas Holstein en ramoneo a 2 400 msnm (E. Murgueitio, comunicación personal). Campesinos de Dagua y El Dovio ofrecen *T. diversifolia* picada en mezcla con otros forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), chachafruto (*Erythrina edulis*), morera y cogollo de caña, para alimentación de las vacas.

Solarte (1994) registra también a *Tithonia* como parte de la dieta de cerdos en mezcla con otros forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), plátano (*Musa sp.*) cidra (*Chayota edulis*) y otros recursos locales.

También en Colombia, se ha observado en fincas campesinas como componente de la dieta de conejos, cuyes (*Cavia porcellus*) cerdos y vacas. También se ha suministrado a búfalos.

Atracción de insectos

En una parcela de alta diversidad (cultivos de 10 o más especies en asociación), en Buga (Colombia) donde se establecieron plantas alimenticias (fríjol de diferentes variedades, yuca, maíz, plátano, papaya y hortalizas); forrajeras como caña, nacedero (*Trichanthera gigantea*), pinocho (*Malvaviscus penduliflorus*), cidra, batata; medicinales (anamú, poleo, hinojo, sávila) y aromáticas (albahacas, limoncillo, citronella). En este arreglo, *T. diversifolia* cumplía funciones de atracción y fuente de alimento para insectos, entre ellos polinizadores, productores de miel y controladores biológicos. Estas funciones son vitales para la producción sin agroquímicos, pues permite que el sistema alcance un equilibrio entre poblaciones de insectos y otros artrópodos, para producir con un mínimo impacto ambiental (Ríos, 1994).

También se establece en policultivo asociada con maíz, yuca (*Manihot sculenta*), canavalia (*Canavalia ensiformis*), y crotalaria (*Crotalaria juncea*); en este caso *T. diversifolia* se siembra alrededor de la parcela, con el propósito de atraer insectos benéficos dejando florecer algunas plantas y, producir forraje cortando las otras antes de floración (Ríos, 1997).

Medicina

En Cobán, Alta Verapaz (Guatemala), se registra el uso de las hojas en cocción como remedio para la malaria y en el tratamiento de eczema y lastimaduras de la piel de animales domésticos (Nash, 1976).

En Cuba se utilizan las hojas en maceración con alcohol como si fuera árnica (Roig y Mesa, 1974).

En Colombia, en la zona del Pacífico (Valle del Cauca), se utilizan las hojas en cocción para el pasmo o frío y como medicina para problemas del hígado (P. Navarrete, comunicación personal).

En Venezuela, se utiliza en salud animal para disminuir los abortos y canibalismo en conejos. También para depurar y arrojar la placenta, se suministra a las conejas 2 o 3 días antes del parto y 5 a 8 días después del parto. Los productores dicen que además se mejora la lactancia. (A. Cardozo, comunicación personal).

Cerca viva y rompe vientos

En Colombia (Rio Frío, Valle del Cauca) en el aislamiento de fragmentos de bosque que cumplen funciones de protección y conservación de fuentes de agua, se establece *T. diversifolia* como cerca viva (Ríos, 1997), en reemplazo de cercas con alambre de púas.

En fincas campesinas en zona de ladera del Valle del Cauca, se siembra *T. diversifolia*, asociada con otras especies forrajeras como *Trichanthera gigantea* sembrando franjas de cada especie, también alrededor de parcelas de policultivo o en las cercas. Se cosecha antes de floración para alimentar animales y se fertiliza con estiércol fresco de bovino o con lombricompost. El manejo de las parcelas es orgánico.

También se siembra como rompevientos alrededor de apiarios en la zona cafetera colombiana.

Abono verde y mejorador de suelos

En Luzón, algunos agricultores consideran las parcelas con *T. diversifolia* como bancos de fertilizante. En la provincia de Mountain, esta especie es cosechada e incorporada como abono verde en campos de cultivo de arroz con inundación. Debido a su rápido crecimiento, eficiente depuración de nutrientes, abundante producción de hojas y rápida descomposición, esta especie parece acelerar el ciclaje de nutrientes y permite la rehabilitación del suelo en un período corto de barbecho (Cairns, 1996).

En Costa Rica, al evaluar especies identificadas por agricultores como favorables para la producción de frijol bajo el sistema «tapado», se encontró que éstas tenían altos contenidos foliares de fósforo, calcio y potasio (más de 2 500 ppm). De las especies identificadas, se encontró que *T. diversifolia* presenta los mayores contenidos de fósforo. Al comparar la producción de frijol en barbechos mejorados con diferentes especies se obtuvieron los siguientes resultados : en barbecho natural, 628 kg/ha; en barbecho con *T. diversifolia*, 749 kg/ha y mayor producción de biomasa y fósforo; barbecho con mucuna, se perdió por ataque de babosas y hormigas, barbecho con canavalia, 573 kg/ha (Gloria Meléndez, comunicación personal).

T. diversifolia puede estar jugando un papel muy importante en la depuración de nutrientes lábiles del suelo que de otra forma se perderían por lixiviación. En el caso del fósforo, la asociación con micorrizas puede estar cumpliendo un rol importante en su movilización. Este hecho además de la baja o nula demanda de capital o laboreo, es interesante en especial cuando estos recursos son escasos. Es así como se puede cambiar el concepto de barbechos con malezas al de abono verde o cultivo de cobertura (Cairns, 1997b).

En la provincia de Bukidnon, Filipinas, *T. diversifolia* es utilizada para recuperar y mejorar de áreas invadidas por el pasto *Imperata cylindrica*. La sombra de *T. diversifolia* controla el pasto en un año. Al final del segundo año, se cortan las plantas de *Tithonia* y se siembra un nuevo cultivo sin necesidad de aplicar fertilizantes ni arar, porque se mejoran las propiedades físicas del suelo (Cairns, 1997a)

Otros usos

En Venezuela se encontró *T. diversifolia* protegiendo unos taludes resultantes del corte de un tramo en montaña, para la construcción de una carretera.

En el Estado de Chabasquén (Venezuela), se observó sembrada alrededor de un huerto con el fin de «*correr los bachacos*», nombre que se le da a la hormiga arriera (*Atta* sp) (A. Cardozo, comunicación personal).

PROPAGACIÓN

La propagación de la especie se realiza a partir de material vegetativo. No se conocen cultivos establecidos a partir de semilla sexual. En un ensayo en el cual se evaluó el número de raíces y porcentaje de prendimiento 15d después de la siembra, de estacas procedentes de diferentes partes del tallo, se encontró un 94% de prendimiento en estacas tomadas de la parte más leñosa y 58% en las procedentes de la parte media. El número de raíces fue de 4,25 y 3,5 respectivamente (Salazar, 1992).

PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Se evaluó la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*, en Buga (Colombia), a 1,000 msnm con una precipitación bimodal de 1,200 mm/año, en suelos de textura arcillosa y con pH de 6,5.

El cultivo se estableció a partir de estacas tomadas del primero (parte más leñosa) y segundo tercio del tallo. Se aplicó riego después de la siembra y luego se colocó cobertura de bagazo de caña, hojarasca y pasto seco con el fin de conservar la humedad del suelo y evitar la competencia con otras especies de plantas. No se realizó ninguna labor de limpieza del cultivo y los riegos fueron escasos. Tampoco se aplicó ningún tipo de fertilizante. No se presentaron problemas fitosanitarios que afectaran las plantas.

Los tratamientos consistieron en tres densidades de siembra: 2,66, 1,77 y 1,33 plantas/m², evaluadas en dos alturas de corte.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las parcelas experimentales eran de 60 m². El cultivo se encontraba en floración cuando se realizó el corte y contaba con 110 días de edad (ver Cuadros 1 y 2)

En este primer corte realizado al cultivo, no se evidenció un efecto marcado de la densidad de siembra ni la altura de corte sobre la mayoría de las variables evaluadas. Solo se encontraron diferencias significativas para la variable número de tallos/planta entre las densidades de siembra. Este incremento puede deberse a la disponibilidad de más espacio por

planta, lo que permitió el desarrollo de una mayor cantidad de yemas. Sin embargo este hecho no se vio reflejado en la producción de biomasa, debido a que los tallos eran más delgados. La planta parece guardar las proporciones entre sus diferentes componentes. La relación tallo: hoja: flor de 5:3:2 se conservó en las tres densidades de siembra evaluadas. La producción potencial de biomasa en el primer corte bajo las condiciones y densidades de siembra evaluadas (2,66, 1,77 y 1,33 plantas/m²), sería de 82, 57 y 46 ton/ha (Ríos, 1995; Ríos y Salazar, 1995).

Cuadro 1
Efecto de la densidad de siembra

	Plantas / m ²			ES/P
	2,66	1,77	1,33	
Biomasa fresca				
(kg/planta)	3,08	3,22	3,41	0,45/0,875
peso tallos (kg)	1,8	1,4	2,2	0,24/0,322
peso hojas (kg)	1,1	0,7	1,2	0,34/0,703
peso flores (kg)	0,72	0,49	1,14	0,34/0,703
No. de flores	132	81	194	25,0/0,224
No. de tallos	8,3	7,8	17,8	0,85/0,033
Altura de planta (cm)				
21 días	6,8	6,2	5,9	0,42/0,43
35 días	25	19	21	2,0/0,2
49 días	48,5	44	45	2,0/0,365
110 días	190	180	176	7,0/0,425
Incremento diario				
(cm/día)	2,1	2,0	1,97	0,08/0,514

Fuente : Ríos y Salazar, 1995.

Cuadro 2
Efecto de la altura de corte

	Altura		
	10	50	ES/P
Biomasa fresca (kg/planta)	3,37	3,11	0,36/0,628
potencial (ton/ha)	60	63	8/0,802

Fuente : Ríos y Salazar 1995.

Posteriormente en el mismo cultivo, se evaluó la producción de biomasa comestible (hojas, peciolos y tallos hasta de 2,0 cm de diámetro) en cortes sucesivos cada siete semanas. Se realizaron tres cosechas (Cuadro 3).

Cuadro 3
Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de biomasa comestible de *T. diversifolia* con cortes cada siete semanas.

Densidad (plantas/m ²)	Peso por planta (kg/planta)	Producción potencial (kg/ha)
2,66	1,3 a	37,922
1,77	1,8 b	31,463
1,33	2,0 b	27,106

Fuente: Ríos, 1997.

Al someter el cultivo a cortes frecuentes se encontró una mayor producción de biomasa comestible por planta en las densidades menores (1,33 y 1,77 plantas/m²), debido probablemente a la menor competencia por recursos. Sin embargo si se establece la especie en monocultivo, es posible obtener mayor rendimiento por unidad de área en la densidad de 2,66 plantas/ha, aunque se podrían correr los riesgos fitosanitarios inherentes a esta forma de cultivo.

La altura de corte solo afectó la variable altura de plantas a las siete semanas, obteniendo valores de 135 cm en promedio, al realizar los cortes a 10 cm sobre el nivel del suelo y, 109 cm al cortar a 50 cm sobre el suelo.

CARACTERÍSTICAS NUTRITIVAS

Navarro y Rodríguez (1990), realizaron análisis bromatológicos de *T. diversifolia* en cinco estados de desarrollo, después de un corte de

uniformización a nivel del suelo: 1. crecimiento avanzado (30 días después del corte), 2. prefloración (50 días), 3. floración media (60 días), 4. floración completa (74 días) y 5. pasada la floración (89 días)

Se tomaron muestras de hojas, peciolo, flores y tallos hasta 1,5 cm de diámetro. Los resultados obtenidos se pueden ver en el Cuadro 4.

Se encontraron diferencias altamente significativas para el porcentaje de proteína en los diferentes estados de desarrollo de la planta. Esta información junto con la de producción de biomasa comestible y capacidad de recuperación de la planta en cortes sucesivos, es importante para determinar frecuencias de corte más adecuadas si el propósito es obtener forraje con nivel de proteína entre 18 y más del 20%.

Otros resultados de análisis de la composición química de las hojas sugieren un buen valor nutricional de esta especie (Cuadro 5).

Cuadro 4

Análisis proximal, nutrientes digestibles totales y minerales de la materia seca de *T. diversifolia*, de acuerdo a su estado vegetativo (%).

	Estados vegetativos				
	1	2	3	4	5
Materia seca	14,1	17,22	17,25	17,75	23,25
Proteína cruda	28,51	27,48	22	20,2	14,84
Fibra cruda	3,83	2,5	1,63	3,3	2,7
Extracto etéreo	1,93	2,27	2,39	2,26	2,43
Cenizas	15,66	15,05	12,72	12,7	9,42
Extracto no nitrogenado	50	52,7	61,4	61,5	65,6
NDT	48	46,8	46	46,	45
Minerales					
Calcio	2,3	2,14	2,47	2,4	1,96
Fósforo	0,38	0,35	0,36	0,36	0,32
Magnesio	0,05	0,05	0,07	0,06	0,06

Fuente: Navarro y Rodríguez 1990.

Cuadro 5

Composición química (g/kg) del follaje de *T. diversifolia*.

Proteína cruda	242,0
Proteína soluble	40,2
Carbohidratos solubles en agua	7,6
Almidón	172,7
Azúcares totales	39,8
Azúcares reductores	35,0
Pared celular (FDN)	353,3
Lignocelulosa (FDA)	304,8
Extracto etéreo	14,0
Materia orgánica	785,9

Fuente: Rosales, 1996.

Factores antinutricionales

En análisis cualitativos realizados para determinar la presencia de metabolitos secundarios en el follaje, no se encontraron ni taninos ni fenoles (Rosales, 1992). En otro trabajo se encontró bajo contenido de fenoles y no se encontraron taninos condensados ni actividad de precipitación de proteína (Rosales, 1996). Otros análisis muestran un bajo contenido de fenoles y ausencia de saponinas (Vargas, 1996).

Consumo

En Colombia, Vargas (1992), evaluó una dieta para ovinos de pelo con 50 y 100% de *T. diversifolia* fresca, bloque multinutricional (10% de urea) a voluntad y follaje de matarratón (*Gliricidia sepium*) al 3% del peso vivo en base fresca, complementando la dieta de 50% con cogollo de caña de azúcar. En la dieta de 50% los animales consumieron 868 g/día en base fresca, lo que equivale a 369 g/día en base seca. En la de 100% el consumo fresco fue de 1 668 g/día, correspondiente a 712 g/día en base seca.

Degradabilidad

T. diversifolia se identificó como un material con una alta degradación de la materia seca a nivel ruminal en 24 horas, 149% con relación a un patrón de cascarilla de soya y, un contenido de proteína entre el 21 y 25%. Por estas razones se considera que puede ser una especie con potencial para alimentación de animales monogástricos (Vargas, 1996). En otro trabajo se encontró una alta degradabilidad de la materia seca, especialmente a las 24 horas. La degradabilidad fue de 33, 50, 83 y 90% a las 0, 12, 24 y 48 horas respectivamente (Rosales, 1996).

Pruebas biológicas

En pruebas biológicas de crecimiento de pollitos a partir de siete días de edad, alimentados durante siete días con una dieta en la cual se sustituyó el 20% de concentrado comercial por follaje seco y molido de *T. diversifolia*, se obtuvo un alto consumo y ganancia de peso (75-99% con relación a un testigo de torta de soya). De igual manera, la conversión fue eficiente, 125-150% frente al testigo. Estos resultados se explican por el buen contenido de proteína de la especie, su alta digestibilidad de la materia seca y bajo o nulo contenido de fenoles y saponinas (Vargas 1996).

NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

Algunas de las necesidades de investigación identificadas para *T. diversifolia* son:

Sistemas de producción agropecuaria

- Formas de manejo de la especie en cultivos asociados para usos múltiples, forraje, abono verde, atracción y alimento de insectos y otros.
- Ensayos de alimentación animal con mezclas de forrajes que incluyan *T. diversifolia*.
- Comportamiento de la especie en ramoneo por bovinos (persistencia, rebrote, cantidad de forraje).
- Avance en el conocimiento del valor nutricional.
- Uso en otras especies

Ecología

- Asociación de la especie con micorrizas para conocer si este es el mecanismo de acceso a nutrientes como fósforo.
- Relaciones con otros elementos bióticos y abióticos del suelo.
- Especies asociadas y polinizadores.
- Reproducción sexual.

AGRADECIMIENTOS

A Enrique Murgueitio por su colaboración en la revisión del texto y sugerencias para mejorarlo. A PRONATTA por facilitar recursos para avanzar en el trabajo con esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Cairns, M. F. 1996. *Study on Farmer Management of Wild Sunflowers (Tithonia diversifolia)*. Short communication. ICRAF S.E. Asian Regional Research Programme.
- Cairns, M. F. 1997A. "Fallows, fodder and fences the critical elements of integrating livestock into swidden systems" Paper prepared for the workshop on "Upland farming in the Lao P.D.R.; Problems and Opportunities for Livestock" held in Vientiane, Lao P.D.R. on May 19-23 1997.
- Cairns, M. F. 1997B. "Property Rights Dimensions of Indigenous Fallow Management (IFM): Summary of Ten Intersecting Issues" document prepared for the Asia-Pacific Resource Tenure Network (ARTN) Indonesia.
- Galvez, A. L. 1995. Cuyes, lombrices, forrajes y manejo de microcuencas en Matituy, Nariño. En: *Memorias IV Seminario Internacional sobre Sistemas Pecuarios Sostenibles para las montañas tropicales*. CIPAV/CENDI. Cali, Colombia.
- Gómez, A. y Rivera, H. 1987. *Descripción de malezas en cultivos de café*. Centro Nacional de Investigación. en *Café, Chinchiná, Caldas*. 490p.
- Nash, D. 1976 Flora de Guatemala En: *Fieldiana: Botany* Vol 24, Part XII, p.323-325. Field Museum of Natural History.
- Navarro, F. y Rodríguez, E. F. 1990 *Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (Tithonia diversifolia Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal*. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.
- Pérez Arbelaez, E. 1990 *Plantas útiles de Colombia* 14a edición. Medellín 832 p.
- Ríos, Clara I. 1993 *Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles*. Convenio CETEC/IMCA/CIPAV. Informe de avance. Cali p 81 -83.
- Ríos, Clara I. 1994 *La Huerta Orgánica*. Cartilla. Convenio IMCA/CIPAV/CETEC. Cali 17 p.
- Ríos, Clara I. y Salazar, A. 1995 *Tithonia diversifolia (Hemsl) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico*. *Livestock Research for Rural Development* 6(3):75-87.
- Ríos, Clara I. 1997 «Botón de oro *Tithonia diversifolia (Hemsl.) Gray*. En *Arboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica*. 2da edición. Colciencias - CIPAV. Cali, Colombia p115-126.
- Roig, J. T. y Mesa, A. 1974 *Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba*. La Habana p 709.
- Rosales, M. 1992 *Nutritional value of colombian fodder trees*. Internal report: Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria and Natural Resources Institute. United Kingdom 50 p.
- Rosales, M. 1996. *In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees*. PhD thesis. Department of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, UK. 214p.
- Salazar, A. 1992 *Evaluación agronómica del botón de oro (Tithonia diversifolia - familia compuesta) y el pinocho (Malvaviscus penduliflorus - familia malvaceae)*. Informe de

becarios de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. Cali p27-31.

Solarte, A. 1994 Experiencias de investigación participativa en sistemas de Producción Animal en dos zonas del Valle del Cauca. En: *Memorias III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios*. Cali p49-72

Vargas, J. E. 1992 *Evaluación de la aceptación del botón de oro en la dieta de las ovejas de pelo*. Documento sin publicar.

Vargas, J. E. 1996 *Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca*. Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV. Cali 104p.

Variación genética en árboles forrajeros

Jeffrey L. Stewart

Instituto Forestal de Oxford, Oxford, U.K.

SUMMARY

The use of tree foliage is a practice more and more adopted by farmers. From the research point of view, there is a potential that we are just beginning to develop. In Nicaragua, research on the use of the marango tree (*Moringa oleifera*) as fresh forage for cattle is being carried out. This tree, has good nutritional characteristics, in terms of its contents of protein, vitamins, fibre, energy, digestibility, and, in addition, it has a high yield of fresh biomass. It is planted at high densities, live fences or in plots planted from stakes. The plant material is harvested at a 35-45 days interval. Currently, feeding trials involving milk and beef cattle are being carried out without a decrease of weight or milk production of the animals.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de investigación y desarrollo relacionadas con árboles forrajeros involucran un rango amplio de disciplinas científicas incluyendo entre otras, agroforestería, nutrición de rumiantes, bioquímica e investigación en sistemas agropecuarios.

Los objetivos de este artículo son explorar algunos de los temas sobre recursos genéticos relevantes al desarrollo de árboles forrajeros para productores en el trópico y enfatizar la importancia de dar consideración a estos temas aún en áreas de investigación que no están relacionadas directamente con la variación genética. Las metodologías de evaluación se ilustrarán utilizando los ejemplos de *Gliricidia sepium* y varias especies de *Leucaena*. Ambos forrajes leguminosos, ampliamente distribuidos en el mundo, han sido profundamente investigados y han

estado sujetos a las redes de investigación en mejoramiento genético a nivel mundial. También se discutirán temas relacionados con conservación y mejoramiento genético de recursos forrajeros arbóreos a un nivel más local.

¿PORQUÉ LA DIVERSIDAD GENÉTICA EN LA EVALUACIÓN DE FORRAJES?

La extensión y el patrón de la variación genética dentro de una especie debería ser una consideración central en la evaluación de árboles forrajeros. La variación puede explotarse para dar un mejoramiento genético a través de la selección en una amplia variedad de características. A diferencia de muchos cultivos forrajeros herbáceos, la gran mayoría de especies de árboles utilizadas para forraje han tenido hasta el momento poca o ninguna mejora sistemática. En algunas especies, todavía subsisten algunas poblaciones silvestres y relativamente sin disturbar, aunque muchas poblaciones han tenido perturbaciones genéticas por siglos de domesticación indígena, a menudo ad hoc. Con frecuencia existe un gran ámbito para el mejoramiento de muchos aspectos de las características agronómicas y nutritivas del árbol. La diversidad genética en este contexto debería evaluarse en términos de los rasgos de interés directo de los productores.

Los investigadores no siempre reconocen la importancia de conocer la extensión de la variación genética dentro de una especie, a menos que ellos estén trabajando específicamente con temas de recursos genéticos. La información en el valor nutritivo, por ejemplo, se presenta frecuentemente con poca información acerca del origen de la población estudiada o la cantidad de árboles muestreados. De hecho, algunos estudios utilizan material de una planta individual y presentan los datos como representativos de toda la especie. Es claro que esto puede engañoso si existe un alto grado de variación, y esto es probable que ocurra en el caso de especies arbóreas que son aún, en términos genéticos, poblaciones esencialmente silvestres. Palmer y Ibrahim (1996) encontraron, por ejemplo, que los niveles de taninos condensados variaron desde 3,8% a 11,1% en hojas liofilizadas de diferentes procedencias de *Calliandra calothyrsus* y la variación en la digestibilidad del nitrógeno de hojas frescas varió desde 24,5% hasta 79,8%. Estas cifras también indican el grado de mejoramiento que puede alcanzarse simplemente por selección de material genético de buena calidad.

ENFOQUES PARA CUANTIFICAR LA VARIACIÓN GENÉTICA

Una imagen completa de la variación genética existente en una especie arbórea requiere de una exploración exhaustiva del rango nativo de la especie, seguida por colección de semilla de todas las partes del rango. Esta recolección de semillas debe diseñarse para muestrear tanto como sea posible la variación ambiental existente.

A continuación, se debe evaluar el germoplasma, bajo un rango amplio de condiciones agroecológicas, preferiblemente, en función de características cuidadosamente definidas relacionadas con la producción y calidad del forraje; esto se discute más adelante. Sólo se pueden hacer comparaciones válidas entre genotipos que crezcan juntos en el mismo sitio, para evitar confundir los efectos genotípicos y ambientales.

Este enfoque es el único modo confiable de capturar toda la variación genética disponible y seleccionar para tipos de suelo y condiciones climáticas particulares. Es, sin embargo, extremadamente caro y muy demorado. Con frecuencia, esto requiere trabajo en varios países tanto en las etapas de exploración/colección como en las etapas de evaluación, de tal manera que esto sólo se intentado hasta el momento para un manojo de especies arbóreas forrajeras. Los ejemplos son *Gliricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus* y un rango de especies de *Leucaena* de América Central (Pottinger, 1992), varias especies de Acacias Africanas incluyendo *A. erioloba* (Barnes *et al.*, 1997) y *A. karroo* (Barnes *et al.*, 1996), y *Prosopis cineraria* en India (Arya *et al.*, 1995). Por las mismas razones, en forma general, esto es solamente posible para agencias e instituciones donantes con un alcance regional o global. Por ejemplo los programas de mejoramiento de *Gliricidia sepium*, *Leucaena*, *Calliandra calothyrsus* y las Acacias Africanas fueron todos coordinados por el Instituto de Ingeniería Forestal de Oxford y financiados por el programa de Investigación de Ingeniería Forestal del Departamento del Reino Unido para el Desarrollo Internacional, DFID (anteriormente ODA).

Esto no significa que iniciativas a pequeña escala para mirar la variación genética en un área más limitada no sean útiles. En las colinas de Nepal, por ejemplo, los árboles forrajeros son de importancia central en el sistema agropecuario y el conocimiento indígena acerca de su uso está desarrollado en forma amplia (Thapa *et al.*, 1997a, 1997b), pero las percepciones del valor relativo de diferentes especies difiere marcadamente aún en áreas relativamente pequeñas. La posibilidad que

esto podría ser debido a la variación genética debería ser investigado en un gran número de especies importantes a nivel local.

Así como para la variación dentro-de-especies, también han habido varios estudios de la variación-entre-especies dentro de un género, donde los rasgos deseables de una especie se han estado buscado en otras especies menos conocidas pero estrechamente relacionadas. Un ejemplo es la evaluación de especies y procedencias de *Erythrina* por Larbi et al. (1996), utilizando una técnica de fermentación *in vitro*. Las colecciones de semillas de todas las especies y sub-especies conocidas de *Leucaena* han sido ensambladas por el Instituto de Ingeniería Forestal de Oxford (Hughes, 1998), de nuevo con financiamiento de FRP y evaluadas tanto en una red de ensayos de campo como en varios estudios de laboratorio y ensayos de alimentación. Los investigadores involucrados en la evaluación de este y otro germoplasma de *Leucaena* han formado una red informal, LEUCNET (Shelton et al., 1995), y ha habido también una iniciativa de investigación mayor financiada por el Centro Australiano para la Investigación Agrícola Internacional, ACIAR, y coordinada por la Universidad de Queensland, que está interesada específicamente en la investigación de la variación genética en la calidad de forraje dentro de *Leucaena*.

RASGOS VARIABLES IMPORTANTES EN ÁRBOLES FORRAJEROS

La mayoría de los estudios para medir la variación en especies agroforestales se concentran en mediciones de crecimiento y producción en ensayos de campo replicados, ya sea en estación experimental o en campos de productores. Además de las producciones de biomasa los ensayos de campo frecuentemente incluyen la evaluación de otras características agronómicas importantes como hábito (partición de biomasa entre madera y hoja; comportamiento de ramificación), respuestas a corte repetido, tolerancias ambientales (por ejemplo a suelos ácidos, sequía o salinidad) y estacionalidad de la producción de forraje. Si bien todos estos son importantes en el desarrollo de suministros constantes y sostenibles de forraje, no son toda la historia. El valor nutritivo del follaje, como lo determinan su composición química y características físicas, es también de importancia principal. Lamentablemente la evaluación de la calidad, ya sea en el laboratorio o en ensayos de alimentación, es mucho más compleja, cara y más demorada

que las mediciones agronómicas, lo cual quizás explica por qué la selección dentro de especies en árboles forrajeros se basa en criterios de producción a pesar de la importancia potencial de la variación en los rasgos de calidad.

También es mucho más difícil evaluar la variación en la calidad de forraje (a diferencia de la producción) en el ámbito menos formal de experimentos en finca, el cual es el enfoque preferido en forma creciente en muchas investigaciones agroforestales (e.g. Leakey y Simons, 1998).

El OFI ha adoptado un enfoque secuencial en el programa de evaluación de árboles forrajeros leguminosos. Una vez se han identificado poblaciones de alta productividad, el siguiente paso ha sido la estimación de la extensión de la variación genética entre estas procedencias en términos de los rasgos de calidad. Una vez se conozcan las ganancias relativas alcanzables por selección de la producción o la calidad, se puede desarrollar una estrategia de mejoramiento para maximizar los beneficios generales de la variación genética existente o disponible.

El indicador definitivo de la calidad del forraje es su efecto en la producción y la salud animal. Esto solamente puede cuantificarse mediante ensayos de alimentación a largo plazo en los cuales se evalúen los rasgos de producción como crecimiento, leche o producción de lana.

El número de animales requeridos por tratamiento depende de la variación entre animales y la magnitud de las diferencias ha ser detectadas, pero típicamente podrían ser del orden de ocho por tratamiento. Claramente, un ensayo de alimentación que involucre numerosas procedencias no es una opción posible, y se deben entonces utilizar como método de escrutinio, indicadores de calidad experimentalmente menos difíciles de medir, si hay muchas procedencias de interés potencial. Esto incluye mediciones de los componentes principales de la hoja, especialmente proteína cruda (PC) y fibra (FDA, FDN); compuestos secundarios, particularmente supuestos factores anti-nutricionales como taninos, saponinas, y una variedad de compuestos tóxicos como el amino ácido tóxico no-proteico, mimosina, encontrado en muchas especies de *Leucaena* (D'Mello, 1992).

Además de los análisis químicos, también se usan indicadores más directos de las respuestas de los animales. Estos incluyen digestibilidad de la materia seca in vitro o in sacco, la cinética de la fermentación ruminal en el tiempo utilizando perfiles de producción de gas in vitro y experimentos con animales a corto plazo para determinar la aceptabilidad

relativa de un rango de forrajes antes de embarcarse en un experimento animal a mayor de escala. Hay dos enfoques principales con respecto a los estudios de aceptabilidad: pruebas de preferencia tipo «Cafetería» y medición en corto plazo de tasas de ingestión de alimentos ofrecidos secuencialmente (Kenney y Black, 1984). Cualquiera de estos indicadores de calidad pueden usarse para clasificar ordenadamente un rango de procedencias o de especies en función de la calidad, pero es claro que el orden de la clasificación probablemente difiera de acuerdo con el criterio utilizado, de modo que puede ser necesario combinar la información de diferentes rasgos en un índice global de calidad que puede ser utilizado como base para la selección.

Este fue el enfoque utilizado por el OFI en el estudio de la variación genética de la calidad de forraje dentro del género *Leucaena*, el cual se describe más adelante.

BÚSQUEDA DE NUEVO MATERIAL - EL EJEMPLO DE *LEUCAENA*

Leucaena leucocephala fue el árbol forrajero más ampliamente promovido e intensivamente investigado desde finales de los años setentas, cuando fue aclamado como un «árbol milagro», hasta que el advenimiento de una peste defoliadora, el psyllido *Heteropsylla cubana*, que se esparció a través de los trópicos a mediados de los años ochenta, redujo drásticamente las producciones de follaje de *L. leucocephala*.

Desde entonces, se han evaluado procedencias de otras especies de *Leucaena* en colecciones ensambladas por la Universidad de Hawaii, CSIRO en Australia y el OFI en el Reino Unido (Hughes, 1998), como alternativas a *L. leucocephala*. En un principio, la búsqueda se concentró principalmente en la tolerancia a el psyllido y esto se encontró, hasta cierto grado, en algunas especies de *Leucaena* (Napompeth y Macdicken, 1990). Mientras que la crisis del psyllido en *Leucaena* proveyó el ímpetu para el establecimiento de ensayos de campo para comparar diferentes especies, estos ensayos también revelaron que varias especies tenían potencial de producción de follaje comparable con *L. leucocephala*. Ya que se hizo evidente que otras *Leucaenas* podrían tener producciones muy altas, varios investigadores han comenzado a investigar la variación que existe dentro del género en función de calidad del follaje. En este artículo se describe uno de estos ensayos. No se pretende en esta conferencia revisar el estado actual del conocimiento en la calidad del forraje de

Leucaena, sino más bien proveer un ejemplo de un posible enfoque para evaluar números relativamente grandes de taxa poco conocidas con potencial como cultivo forrajero.

El proceso de evaluación descrito aquí utilizó solamente un ensayo, administrado por el proyecto CONSEFORH en el valle de Comayagua en Honduras. Estudios previos de biomasa en este sitio habían revelado que las dos especies menos conocidas, *L. macrophylla subsp. p. nelsonii* y *L. collinsii subsp. zacapana*, obtuvieron producciones más altas que *L. leucocephala* bajo presión moderada de psyllidos y hormigas cortadoras de hojas. Un estudio posterior basado en la calidad (Stewart y Dunsdon, en prensa) evaluó muestras de hojas de 22 taxa (i.e. especies y subespecies) y cinco híbridos inter-específicos cultivados en el mismo ensayo. Las mediciones de laboratorio incluyeron PC, FDA, FDN, taninos condensados, taninos totales (actividad de precipitación de proteína: Hagerman, 1987) y digestibilidad in vitro (Tilley y Terry, 1963). Además, se llevó a cabo una prueba de preferencia utilizando ovejas en el sitio de ensayo en Comayagua. En este, se ofrecieron 13 taxa y dos híbridos a tres grupos de ovejas adultas por cuatro horas en 18 días consecutivos. A cada grupo se le ofreció la alimentación en un corral circular con los 15 alimentos ofrecidos en cubetas alrededor del perímetro. Se midió la aceptabilidad relativa de cada forraje en función de la ingestión de materia seca por hora.

En este estudio, cada variable relacionada con calidad dio una clasificación diferente a los taxa. Para identificar los taxa más prometedores, se desarrollaron índices de calidad forrajera, los cuales se combinaron con rasgos seleccionados para dar un valor único como base para la selección entre taxa. Cada índice se calculó como la «suma de diferencias ajustadas del promedio». Por cada rasgo que contribuyó al índice, se sustrajo la media general del promedio de cada lote de semillas y el resultado, llamado la «diferencia ajustada» se expresó en múltiplos de la desviación estándar para ese rasgo. Esto tiene el efecto de dar a cada rasgo igual peso en el índice por la transformación a una distribución normal estándar en cada caso. Una diferencia ajustada positiva indica un lote de semillas mejor que el promedio para el rasgo en cuestión.

Se sumaron las diferencias ajustadas para los rasgos individuales de cada lote de semillas para obtener el valor del índice global, con los más altos valores positivos indicando los lotes de semillas más prometedores.

Los rasgos ha incluir en el índice deben ser cuidadosamente seleccionados de modo que sean independientes unos de otros. En el estudio de *Leucaena*, se produjeron tres índices. El primero combinó solamente datos de proteína cruda y digestibilidad in vitro. La información de taninos y fibra no se incluyó porque ambos mostraron una correlación negativa fuerte con la digestibilidad in vitro. En el segundo índice, se incluyó la producción de biomasa además de la proteína cruda y la digestibilidad; y en el tercero, también se incluyó el consumo de materia seca obtenido en el ensayo de cafetería. Aunque los taxa fueron clasificados inicialmente en forma diferente por cada índice (Stewart y Dunsdon, en prensa), cuando se analizaron juntos, ayudaron a clarificar las fortalezas relativas de los diferentes taxa en función de calidad, productividad y palatabilidad. Por ejemplo, *L. shannonii* subsp. *shannonii* tuvo excelentes valores de calidad, con la más alta puntuación en el índice de PC/Digestibilidad (así como la más baja FDA de cualquier especie y bajos niveles de taninos). Sin embargo, este taxon se desempeñó relativamente mal en función de producción, no solamente en este sitio sino también, en forma consistente, en otros siete sitios en una red de ensayo anterior abarcando tres especies de *Leucaena* y varias otras especies multipropósito Centroamericanas (Stewart y Dunsdon, 1994).

Hay un alto grado de habilidad para cruzamiento entre especies en *Leucaena*, lo que da posibilidades extras para la explotación de la variación genética útil; se pueden desarrollar híbridos inter-específicos con atributos útiles de ambos padres. De esta forma, la alta calidad de *L. shannonii* subsp. *shannonii* podría incorporarse en un híbrido con una especie de más alta productividad.

¿QUÉ MEJORAMIENTO ES POSIBLE DENTRO DE UNA ESPECIE? EL EJEMPLO DE GLIRICIDIA SEPIUM

Mientras el propósito del trabajo en *Leucaena* descrito anteriormente fue buscar variación genética útil en calidad de forraje a nivel de especies, la investigación de OFI en calidad de forraje de *Gliricidia sepium* es un ejemplo de un estudio de la variación intra-específica, y muestra los beneficios potenciales de la selección de procedencias por producción y calidad de forraje.

Gliricidia sepium es un árbol nativo de México y América Central pero ha sido introducido ampliamente en los trópicos en los últimos 200

años. La mayoría de las introducciones no han sido documentadas y han sido de calidad genética desconocida; muchas, probablemente, tenían una base peligrosamente estrecha, utilizando quizás semillas de solamente uno o algunos pocos árboles. *Gliricidia* es un verdadero árbol multipropósito; su forraje es tan solo uno de sus usos, otros incluyen cercas vivas (su uso principal en gran parte de su rango nativo), postes, sombra o apoyo para cosechas perennes, y abono verde. Sin duda, su uso como forraje es poco uniforme. En algunos países, no necesariamente en la misma región (incluyendo Indonesia, Sri Lanka y Colombia) es un árbol forrajero importante, mientras que en otras partes se ha reportado un problema de palatabilidad y no se utiliza como forraje.

Las colecciones amplias de procedencias de *Gliricidia* se ensamblaron en los inicios de los años ochenta (Hughes, 1987) y se han distribuido en más de 100 instituciones para su evaluación en ensayos de campo, casi totalmente en términos de supervivencia, crecimiento y producción. Los resultados de 34 de estos ensayos fueron compilados por Dunsdon y Simons (1996), incluyendo datos de producción de biomasa foliar de 16 sitios. Estos resultados identificaron claramente a la procedencia Retalhuleu de Guatemala, como superior a todas las demás procedencias en producción de follaje. Su desempeño promedio era de un 30% por encima de la media, en todos los sitios. Otras dos procedencias, Monterrico (Guatemala) y Belén Rivas (Nicaragua), fueron también notables por una producción de follaje consistentemente más alta que el promedio.

Sobre la base de estos hallazgos, bancos de forraje de las tres procedencias de mejor comportamiento se establecieron en instituciones de investigación de ganadería en cinco países tropicales: La universidad de Peradeniya, Sri Lanka; BALITNAK, Java, Indonesia; CATIE, Costa Rica; ILRI, Nigeria y CIPAV, Colombia (Stewart *et al.*, en prensa). El problema de la aceptabilidad de *Gliricidia* presentaba una preocupación particular; si se demostraba que esto tenía una base genética, algunas de las procedencias más productivas podrían resultar impalatables y por lo tanto no aptas como forraje. Para ayudar a clarificar este tema, dos variedades locales (poblaciones no-nativas) se incluyeron también en todos los cinco sitios; una de Colombia que es consumida ávidamente por el ganado y las ovejas, y otra del sur de Nigeria en donde los productores no han podido adoptar *Gliricidia* como un cultivo forrajero porque el ganado rehúsa a comerla.

Se diseñaron dos ensayos de alimentación (pruebas de preferencia) en dos de los cinco sitios, en los cuales todas las procedencias se ofrecieron simultáneamente a ovejas de pelo (en Colombia: Benneker y Vargas, 1994) o cabras (en Costa Rica: López, 1995). El material de las variedades locales se incluyó en ambos sitios, y en ambos casos, estas fueron preferidas en mayor escala que cualquiera de las otras procedencias. Un ensayo de cafetería más exhaustivo con 28 procedencias de *Gliricidia* cultivadas juntas en un sitio en Nigeria (Larbi *et al.*, 1993) mostró una asociación geográfica interesante entre aceptabilidad relativa y la latitud del sitio original de colección de semilla. Las procedencias sureñas (Costa Rica / Nicaragua) fueron mucho más preferidas que las norteñas (México), aunque la variedad local de Nigeria también fue muy preferida.

Está claro que estos estudios con rumiantes pueden detectar diferencias entre procedencias en olor y/o sabor, pero el hecho que el material local fue más preferido en todos los casos sugiere que el acostumbamiento a una procedencia en particular puede ser un factor determinante más fuerte de preferencia que diferencias absolutas entre procedencias en aceptabilidad.

En otros ensayos de alimentación se midió la ingestión y ganancia de peso vivo en ovejas o cabras que estaban en corrales individuales y se les ofreció solamente una única procedencia. Solamente uno de cada siete experimentos mostró un efecto significativo de la procedencia en ingestión y ninguno mostró efecto alguno en ganancia de peso vivo. Es posible que pequeñas diferencias entre procedencias se hayan enmascarado por el alto nivel de variación entre animales (se utilizaron entre 4 y 8 animales por tratamiento; esto puede no haber sido suficiente para dar significado estadístico a pequeñas diferencias, pero esto es lo máximo que se puede cuando se comparan cinco diferentes tratamientos). Sin embargo, es poco probable que pequeñas diferencias puedan tener significado práctico para productores, quienes solamente mantendrán líneas de germoplasma mejorado si claramente se puede demostrar un beneficio.

Además de los ensayos de alimentación, se analizaron muestras de hojas de los mismos cinco sitios en sus contenidos de PC, FDA y FDN, y la cinética de su fermentación por el método de Theodorou *et al.* (1994). Todos estos excepto FDN, mostraron diferencias pequeñas (10% o menos) pero estadísticamente significativas entre procedencias, pero los

efectos de sitio fueron mucho mayor que los efectos de procedencias (Wood, *et al.*, en prensa).

Los resultados de los estudios de laboratorio y los ensayos de alimentación sugieren que es válido seleccionar procedencias de *Gliricidia sepium* para forraje basado exclusivamente en producción de follaje, ya que este rasgo muestra mucha más variación entre procedencias que el valor nutritivo, y las diferencias en este último, no son probablemente, lo suficientemente grandes para ser de importancia práctica para productores.

EL SIGUIENTE PASO: LA CONSERVACIÓN, MULTIPLICACIÓN Y DISEMINACIÓN DE GERMOPLASMA SELECCIONADO

Una vez se han identificado como superiores ciertas procedencias (poblaciones), ya sea en términos de producción o de rasgos relacionados con calidad, estas pueden cultivarse en viveros o bancos de semillas para su diseminación entre productores. Esto permite la rápida multiplicación de material de alta calidad, así como la validación en finca de los resultados de investigación obtenidos en estación experimental o en el laboratorio. Este ha sido el enfoque adoptado por OFI para *Gliricidia sepium* (Pottinger *et al.*, 1996), y también para *Leucaena* y *Calliandra calothyrsus*. Los productores tienen que poder ver un beneficio claro y tangible del material seleccionado para ameritar su incorporación en su sistema agrícola.

Si la especie existe ya localmente, puede ser difícil de mantener la identidad genética del germoplasma seleccionado, particularmente si la propagación es por polinización abierta. Esto es menos problemático si la especie puede propagarse por cortes, como en el caso de *Gliricidia sepium*. El establecimiento oportuno de bancos de semilla en áreas en las cuales una especie es nueva, por otra parte, podría tener un efecto considerable en la calidad genética de la variedad local.

Las introducciones de especies en áreas nuevas se hacen a menudo con poca consideración de las consecuencias del recurso genético, utilizando semillas o cortes de solamente uno o algunos pocos árboles. De la misma forma, cuando una especie introducida comienza a hacerse popular, como ha ocurrido recientemente en el caso de *Calliandra calothyrsus* para suelos estériles ácidos, hay una oleada repentina en la

demanda de semilla, la cual se obtiene generalmente de dondequiera que esté disponible, sin consideración alguna por su origen.

El establecimiento de bancos de semilla también puede tener una función de conservación *ex situ* importante, si la población nativa original es pequeña y/o está amenazada. Un buen ejemplo es la procedencia altamente productiva Retalhuleu de *Gliricidia sepium*, que está restringida a un pequeño sitio ribereño en Guatemala. Desde que se hicieron las colecciones de semilla iniciales, cerca de la mitad de esta población extremadamente valiosa desde el punto de vista genético, ha sido destruida por contratistas de leña, pero la semilla de Retalhuleu desde entonces se ha venido usando para establecer trece bancos de semilla a través de los trópicos, asegurando así su supervivencia.

Así como la conservación *ex situ*, una vez ciertas poblaciones han sido identificadas como prioritarias para conservación genética puede haber oportunidades para protegerlas *in situ*. En árboles forrajeros, donde la domesticación ha tenido lugar por comunidades locales durante muchos siglos, y donde pueden haber otros usos importantes además de forraje, el concepto de conservación *in situ* o, conservación a través del uso (Cooper *et al.*, 1992; Kanowski y Boshier, 1997) puede ser particularmente apropiado. Cuando una especie está amenazada a lo largo de todo su rango, unas colecciones completas de semilla que capturen toda la diversidad genética disponible tienen un valor de conservación importante así como también ofrecen una base para la selección de material superior. Este enfoque doble ha sido adoptado por un programa de ICRAF que trabaja con *Prosopis africana*, un árbol forrajero importante en Africa del Oeste (Tchoundjeu *et al.*, 1997). Se reconoce que la diversidad genética a ser encontrada en muchas especies de árboles forrajeros representa un gran recurso sin explotar, una llave tanto para mejorar los suministros de forrajes en el presente como para asegurar su suministro continuado en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- Arya, S., Bisht, R.P., Tomar, R., Toky, O.P. & Harris, P.J.C. 1995. Genetic variation in minerals, crude protein and structural carbohydrates of foliage in provenances of young plants of *Prosopis cineraria* (L.) Druce in India. *Agrofor. Systems* 29(1):1-7.
- Barnes, R.D., Filer, D.L. & Milton, S.J. 1996. *Acacia karroo. Monograph and Annotated Bibliography*. Tropical Forestry Paper 32. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 77p.
- Barnes, R.D., Fagg, C.W. & Milton, S.J. 1997. *Acacia erioloba. Monograph and Annotated Bibliography*. Tropical Forestry Paper 35. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 66p.
- Benneker, C. y Vargas, J.E. 1994. Estudio del consumo voluntario de 5 ecotipos de matarratón realizado con ovejas africanas bajo tres dietas diferentes. *LRRD* 6(1):81-89.
- Cooper, D., Vellvé, R. & Hobbelink, H. 1992. *Growing Diversity: Genetic Resources and Local Food Security*. Intermediate Technology Publication, London. 165p.
- D'mello, J.P.F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Sci. & Tech.* 38:237-261.
- Dunsdon, A.J. & Simons, A.J. 1996. Provenance and progeny trials. En: Stewart, J.L., Allison, G.E. y Simons, A.J. (eds.) *Gliricidia sepium. Genetic resources for farmers*. Tropical Forestry Paper 33. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 125p.
- Hagerman, A.E. 1987. Radial diffusion method for determining tannin in plant extracts. *Journal of Chemical Ecology* 13(3):437-449.
- Hughes, C.E. 1987. *Biological considerations in designing a seed collection strategy for Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. (Leguminosae). *Commonwealth Forestry Review* 66(1):31-48.
- Hughes, C.E. 1998. *Leucaena. A genetic resources Handbook*. Tropical Forestry Paper 37. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 274p.
- Kanowski, P. & Boshier, D. (1997). Conserving the genetic resources of trees in situ. In: Maxted, N., Ford-Lloyd, B.V. & Hawkes, J.G. (eds.) *Plant Genetic Conservation. The in situ approach*. Chapman and Hall, London. 446p.
- Kenney, P.A. & Black, J.L. 1984. Factors affecting diet selection by sheep. I. Potential intake rate and acceptability of feed. *Austr. J. of Agricultural Research*. 35:551-563.
- Larbi, A., Kurdi, O.I., Said, A.N. & Hanson, J. 1996. Classification of *Erythrina* provenances by rumen degradation characteristics of dry matter and nitrogen. *Agroforestry Systems* 33(2):153-163.
- Larbi, A., Osakwe, I.I. & Lambourne, J.W. 1993. Variation in relative palatability to sheep among *Gliricidia sepium* provenances. *Agroforestry Systems* 22:221-224.
- Leakey, R.R.B. & Simons, A.J. 1998. The domestication and commercialization of indigenous trees in agroforestry for the alleviation of poverty. *Agroforestry Systems* 38:165-176.
- López, S. 1995. *Evaluación de compuestos secundarios y consumo voluntario de cinco procedencias de Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., en dos épocas del año, en el trópico húmedo de Costa Rica. CATIE, Costa Rica. M.Sc. Tesis (unpubl.), 78p.

- Napompeth, B. & Macdicken, K.G., EDS. 1990. *Leucaena Psyllid: Problems and Management*. Proceedings of an international workshop, Bogor, Indonesia, 16-21 January 1989. Winrock International, Morrilton, Arkansas, U.S.A. 208p.
- Palmer, B. E & Ibrahim, T.M. 1996. *Calliandra calothyrsus* forage for the tropics - a current assessment. En: Evans, D.O. (ed.) *International Workshop on the Genus Calliandra*. Bogor, Indonesia, 23-27 January 1996. Winrock International, Morrilton, Arkansas, U.S.A. 268p.
- Pottinger, A.J. 1992. Nitrogen fixing tree research networks coordinated by the Oxford Forestry Institute. *Nitrogen Fixing Tree Research Reports* 10:7-12.
- Pottinger, A.J., Chamberlain, J.R. & Macqueen, D.J. 1996. Linking international evaluation of agroforestry tree species with farmer's objectives. *Agroforestry Forum* 7(4):11-13.
- Shelton, H.M., Piggin, C.M. & Brewbaker, J.L., (Eds). 1995. LEUCNET - the Leucaena research and development network. En: *LEUCAENA - Opportunities and Limitations*. Proceedings of a Workshop, Bogor, Indonesia, 24-29 January 1994. ACIAR Proceedings 57. ACIAR, Canberra. 241p.
- Stewart, J.L. & Dunsdon, A.J. 1994. Performance of 25 Central American dry zone hardwoods in a pantropical series of species elimination trials. *Forest Ecology and Management* 65:183-193.
- Stewart, J.L. & Dunsdon, A.J. (In press). Preliminary evaluation of fodder quality in a range of Leucaena species. *Agroforestry Systems* (submitted).
- Stewart, J.L., Dunsdon, A.J., Kass, M., López Ortiz, S., Larbi, A., Premaratne, S., Tangendjaja, B., Wina E. & Vargas, J.E. (In press). Genetic variation in the nutritive value of *Gliricidia sepium*. 1. Acceptability, intake, digestibility and live weight gain in small ruminants. *Animal Feed Science and Technology*.
- Stewart, J.L. 1996. Utilization. En: Stewart, J.L., Allison, G.E. y Simons, A.J., eds. *Gliricidia sepium. Genetic resources for farmers*. Tropical Forestry Paper 33. Oxford Forestry Institute, University of Oxford. 125p.
- Tchoundjeu, Z., Weber, J. & Guarino, L. 1997. Germplasm collections of endangered agroforestry tree species: the case of *Prosopis africana* in the semi-arid lowlands of West Africa. *Agroforestry Systems* 39:91-100.
- Thapa, B., Walker, D.H. & Sinclair, F.L. 1997a. Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Sci. and Technology* 67 (2-3):97-114.
- Thapa, B., Walker, D.H. & Sinclair, F.L. 1997b. Indigenous knowledge of the feeding value of tree fodder. *Animal Feed Sci. and Technology* 68 (1-2):37-54.
- Theodorou, M. K., Williams, B. A., Dhanoa, M. S., Mcallan, A. B. & France, J. 1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Sci. and Technology* 48:185-197.
- Tilley, J.M.A. & Terry, R.A. 1963. A two stage technique for in vitro digestion of forage crops. *J. of British Grasslands Soc.* 18:104-111.
- Wood, C.D., Stewart, J.L. & Vargas, J.E. (In press). Genetic variation in the nutritive value of *Gliricidia sepium*. 2. Leaf chemical composition and fermentability by an in vitro gas production technique. Submitted to *Animal Feed Sci. and Technology*.

Utilización del marango (*Moringa oleifera*) como forraje fresco para ganado

Nikolaus Foidl, Leonardo Mayorga y Wilfredo Vásquez

Proyecto Biomasa, Managua, Nicaragua.

SUMMARY

The use of tree foliage is a practice more and more adopted by farmers. From the research point of view, there is a potential that we are just beginning to develop. In Nicaragua, research on the use of the marango tree (*Moringa oleifera*) as fresh forage for cattle is being carried out. This tree, has good nutritional characteristics, in terms of its contents of protein, vitamins, fibre, energy, digestibility, and, in addition, it has a high yield of fresh biomass. It is planted at high densities, live fences or in plots planted from stakes. The plant material is harvested at a 35-45 days interval. Currently, feeding trials involving milk and beef cattle are being carried out without a decrease of weight or milk production of the animals.

INTRODUCCIÓN

El Marango es un árbol originario del sur del Himalaya, Nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta. En América Central fue introducido en los años 20's como planta ornamental y para cercas vivas, se encuentra en áreas desde el nivel del mar hasta los 1 800 metros. Se puede reproducir por estacas o semillas.

El árbol alcanza de 7 a 12m de altura y de 20 a 40cm de diámetro, con una copa abierta, tipo paraguas, fuste generalmente recto. Las hojas son compuestas y están dispuestas en grupos de folíolos con 5 pares de

estos acomodados sobre el pecíolo principal y un folíolo en la parte terminal. En los folíolos tiene láminas foliares ovaladas de 200 mm² de área foliar organizadas frontalmente entre ellas en grupos de 5 a 6. Las hojas compuestas son alternas tripinadas con una longitud total de 30 a 70cm.

Flores bisexuales con pétalos blancos, estambres amarillos, perfumadas. Frutos en cápsulas trilobuladas, dehiscentes de 20 a 40 cm de longitud. Contienen de 12 a 25 semillas por fruto. Las semillas son de forma redonda y color castaño oscuro con 3 alas blanquecinas. Cada árbol puede producir de 15 000 a 25 000 semillas por año. El árbol de Marango, posee un alto contenido de proteínas en sus hojas, ramas y tallos. Sus frutos y flores contienen vitaminas A, B y C y proteínas. Las semillas tienen entre 30 y 42% de aceite y su torta contiene un 60% de proteína.

La importancia del uso del Marango como forraje se deben a sus buenas características nutricionales y a su alto rendimiento de producción de biomasa fresca.

En Nicaragua las investigaciones en Marango las realiza el Departamento de Biomasa de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) con la Cooperación financiera y técnica del Gobierno de Austria, realizando la coordinación y asesoría técnica la empresa Sucher y Holzer. El Departamento de Biomasa desarrolla investigaciones y aplicaciones en el aprovechamiento de los recursos nacionales de biomasa.

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

Se han realizados análisis *in vitro* e *in vivo*. Los niveles de factores antinutricionales, como taninos y saponinas, son mínimos, prácticamente despreciables y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina. En materia seca contiene un 10% de azúcares y la energía metabolizable en las hojas es de 9,5 MJ/kg MS.

La relación entre las fracciones hojas y tallos se mantiene entre 45 % a 55 % en función de la fertilización y la edad del rebrote.

PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO

La productividad del Marango en biomasa fresca, materia seca y proteína se evaluó en las siguientes densidades de siembra: 95, 200, 350 y 900 mil plantas/ha y 1,4 y 16 millones de plantas/ha.

Cuadro 1

Composición (%) de hojas y tallos de *Moringa oleifera*.

	Materia Seca	Proteína Cruda	Digesti- bilidad	FDA	FDN	PC-FDA	PC-FDN
Hojas	21	23	79	27	30	4	7
Tallos	15	9	57	55	64	2	3

FDA: fibra detergente ácida; FDN: pared celular; PC-FDA: proteína ligada al contenido de fibra detergente ácida en relación con la proteína cruda total; PC-FDN: proteína ligada al contenido de pared celular en relación con la proteína cruda total.

La densidad de 1 millón de plantas/ha se ha considerado como la óptima, por la producción de biomasa fresca, costo de siembra, manejo del corte y control de malezas en buenas condiciones agroclimáticas.

En el caso de las altas densidades (más de 1 millón plantas/ha), la alta densidad crea una alta competencia entre las plantas, vía fototropismo, incidiendo esto, en pérdidas de plántulas de hasta 20 a 30% por corte, lo cual directamente produce altas pérdidas de material productivo por área. Adicionalmente los diámetros de los tallos y rebrotes son delgados, incidiendo negativamente en la producción de material. Aunque se obtienen altas cantidades de masa fresca a expensa de la alta densidad.

CONDICIONES DEL CULTIVO

El Marango requiere de suelos francos-francos arcillosos, no tolera suelos arcillosos o vertisoles, ni suelos con mal drenaje. En el Cuadro 3 se muestran los cálculos de extracción de nutrientes de plantaciones de Marango con alta densidad. La alta productividad implica una alta extracción de nutrientes del suelo por lo que su cultivo intensivo debe ser contemplada la fertilización. Se realizó un ensayo de cultivo a una altura de 1 200 msnm, las semillas germinan pero su crecimiento es muy lento.

La siembra se puede realizar por semillas o estacas. Las semillas germinan a los 10 días después de la siembra. Las plagas que afectan las plantas inmediatamente después de la germinación son hormigas, zompopos, el gusano medidor y *Mocis latipes*, normalmente realizan un ataque y no regresan más al cultivo, aunque hay que controlarlo de todas formas para disminuir los daños.

Cuadro 2

Producción de materia fresca, seca y proteína, promedio en 8 cortes por año bajo diferentes densidades de siembra.

Densidad Pl/ha	Materia (ton/ha/corte)		Proteína total (ton/ha/corte)	Pérdidas de por poda (%)
	Fresca	Seca		
95	196	2,634	368	0
350	297	4,158	582	0
900	526	5,067	9,642	0
1 millón	78	8,315	1,585	1
4 millones	974	12,662	2,405	20
16 millones	259	34,031	6,465	30

Cuadro 3

Extracción de nutrientes por kg/ha/año, bajo diferentes productividades (biomasa seca/ha) en *Moringa oleifera*.

Productividad	Extracción de nutrientes por kg/ha/año								
	Ca	P	Mg	K	Na	Cu	Zn	Mn	Fe
130	1612	338	429	1924	24,7	0,68	3,1	4,6	45,7
100	1240	260	330	1480	19,0	0,53	2,4	3,5	35,2
80	992	208	264	1184	15,2	0,42	1,9	2,8	28,1
60	744	156	198	888	11,4	0,31	1,4	2,1	21,1
40	496	104	132	592	7,6	0,21	0,9	1,4	14,0
20	248	52	66	296	3,8	0,10	0,4	0,7	7,0

El Marango puede ser cultivado en forma de canteros, áreas pequeñas o grandes de acuerdo al requerimiento de alimentos y a las posibilidades de manejo. También, en caso de pequeños productores, se puede sembrar en estacas o cercas vivas para posteriormente cosechar los rebrotes. En todo caso, los rebrotes se deben cortar entre 35-45 días, cada vez. La siembra se debe realizar en forma escalonada para disponer en todo momento forraje fresco.

USO DEL MARANGO COMO FORRAJERA PARA BOVINOS

El corte de los rebrotes se realiza en intervalos entre 35 y 45 días, estos en función de las condiciones de manejo del cultivo, pueden llegar a tener una altura de 1,20-1,50m. El material cortado, tallos, ramas y hojas se pica y se suministra a los animales. Se ha llegado a ofrecer hasta 27 kg de material fresco/animal/día.

Cuando se inicia la alimentación con Marango es posible requerir de un periodo de adaptación, mezclándolo con otros alimentos que se le ofrece al ganado. El Marango se puede utilizar como un complemento proteínico o sustituto completo.

En las investigaciones del uso de *Moringa oleifera* como forraje fresco para la alimentación de ganado, estamos realizando los experimentos en ganado de leche. No se ha encontrado disminución en los volúmenes de leche, en animales que estaban en pastoreo y suplementados con concentrado y posteriormente se pasaron a pastoreo y suplemento de Marango. No hay problemas de palatabilidad y estamos realizando un programa de análisis de leche. El costo del Marango en estos experimentos es de un 10% con respecto al concentrado.

OTROS USOS DEL MARANGO

Moringa oleifera tiene otros usos como floculante natural, energético, fuente de materia prima de celulosa y de hormonas reguladoras de crecimiento vegetal; usos en los cuales tenemos investigaciones en marcha. Existe referencia de otros múltiples usos.

BIBLIOGRAFÍA

- Foild, N., Siles, y Sánchez.** 1995. *MARANGO, Moringa Oleifera Lam. Moringaceae. Especies para reforestación en Nicaragua.* Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales. Servicio Forestal Nacional.
- Becker.** 1996. *Studies on protein and fiber degradabilities and antinutritional factors in Moringa oleifera leaves.* Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hohehheim. Germany.
- Becker.** 1995. *Studies on utilization of Moringa oleifera leaves as animal feed.* Institute for Animal Production in the tropics and Subtropics. University of Hohehheim. Germany.
- Castellon, González y Chau.** 1996. *Utilización del Marango (Moringa oleifera) en la alimentación de novillos en crecimiento bajo régimen de estabulación.* Tesis. Universidad Centroamericana. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Nicaragua.
- Ramachandran, C., Peter, K.V. & Go-Palakrishnan, P.K.** 1980. Drumstick (*Moringa oleifera*): A multipurpose Indian vegetable. *Economic Botany* 34(3):276-283.
- Nautiyal, B:P. & Venhataraman, K.G.** 1987. Moringa (drumstick) and ideal tree for social forestry: Growing conditions and uses. Part I. *My Forest.* 23, 53.

Comentarios

Roberto Sánchez, Jatnel Alonso, Tomas Ruiz y Gustavo Febles

Nos alegró mucho encontrar el nombre de la *Moringa oleífera* en unos de los títulos de los materiales que son divulgados a través de la Conferencia Electrónica de la FAO. Ya que esta es una de las especies que hemos comenzado a evaluar recientemente en nuestro Instituto y sinceramente no disponemos de mucha información al respecto. No obstante consideramos que tal vez debido a un exceso de síntesis de la información o a la escasez de esta se quedan muchos interrogantes e imprescindibles aclaraciones que permitan aprovechar mejor la información que se ofrece. En este sentido nos gustaría nos aclaren las siguientes dudas: Con respecto al Cuadro 1 de la conferencia: ¿Como se explica que las hojas tengan un contenido de materia seca mayor que el de los tallos? ¿Qué características poseen las plantas o plantación de donde provienen los datos? (Edad, frecuencia/corte, fertilización, etc.) Nos llama la atención las densidades de siembra superiores al millón de plantas por hectáreas. ¿Qué diseño de campo utilizaron para ello? Consideramos necesario aclarar bajo que condiciones se obtienen los resultados de producción expresados en MS/ha/corte pues aún cuando desaparecen el 30% de las plantas en corte para la densidad de 16 millones de plantas por hectárea, la producción en 8 cortes, 146 72 Ton MS/ha/año (18,34 x 8), constituye los mayores rendimiento que hemos conocido bajo cualquier condición para este tipo de planta. En el Cuadro 3 se hace referencia al término productividad de biomasa seca/ha: ¿Debemos asumir Kg/ha/año? Si es así ¿A que densidad de plantación y frecuencia de poda se refiere? ¿Porque junto a los niveles de extracción de los nutrientes no se encuentran los de extracción de nitrógeno?, pues con los altos contenidos de PB de sus forrajes y los niveles productivos se infiere que son muy altos y este un elemento generalmente deficitario en nuestros suelos. En otro momento se comenta que el Marango se puede sembrar por semilla y por estacas. Sobre esta última forma no se ofrece ninguna información como el momento de corte de las estacas, porcentaje de prendimiento, fecha de siembra, etc. ¿Tienen experiencia al respecto?. Sobre la semillas nos gustaría conocer si tienen alguna información sobre el porcentaje de germinación, periodo de latencia, o la necesidad de escarificación para la siembra. Más adelante se recomienda una frecuencia de corte cada 35-45

días entre 1,20-1,50m de altura pero nos interesaría conocer el momento óptimo de comenzar a cortar y bajo que condiciones de manejo se hace la anterior recomendación ¿Existe influencia de la época en la frecuencia de corte y/o en la producción de biomasa? Cuando se hace referencia a que se ha llegado a ofrecer 27 kg de materia fresca/animal/día a que categoría o tipo de animales se refieren y durante que tiempo se han realizado las pruebas? En un momento se hace referencia a la torta de semilla que presentan con un 60% de proteína bruta ¿Tienen algunos datos sobre el potencial y/o las limitantes de las semillas de estas plantas para la alimentación animal? Por último creemos que entre los usos de esta planta debería incluirse el empleo de sus semillas como descontaminante de las aguas lo que ha sido referido por otros autores con anterioridad.

Leonardo Mayorga

Sobre los comentarios de R. Sánchez et al.

Las características del Cuadro 1, en *Moringa oleifera*, se obtuvieron en plantaciones con promedio de corte de 40 días, con densidad de 1 millón plantas/ha, sin fertilización y era el octavo corte. La explicación de un mayor contenido de masa seca en la hoja con respecto al tallo, es precisamente, la edad de corte, si se cortara con intervalos mayores, el tallo se habrá lignificado ocasionando un aumento de su porcentaje de materia seca. En la siembra en altas densidades, estas fueron: 1 millón de plantas/ha. Se sembraron las semillas cada 10 cm y entre surco 10cm. 4 millones plantas/ha, se sembraron las semillas cada 5 cm y entre surco 5 cm. 16 millones plantas/ha, se sembraron las semillas cada 2,5cm y entre surco 2,5cm. Las condiciones de los datos de el Cuadro 2 fueron obtenidos durante mediciones de un año calendario, sin fertilización, sin riego durante la época seca y con una pluviosidad promedio de 1400 mm/año. En el caso del Cuadro 3, se refiere a datos de las densidades de 1 millón plantas/ha y la frecuencia de poda promedio de 40-45 días. Para la extracción de nitrógeno no lo incluimos por que aun estamos investigando que pasa con este elemento. Para la siembra por estaca del *Moringa oleifera*, apenas iniciamos las investigaciones, aunque tenemos referencia de algunos ganaderos pequeños que lo han sembrado en cercas vivas y cosechan los rebrotes para alimentar sus animales. Los ensayos lo iniciamos en 1997, pero tuvimos un año muy seco, por el fenómeno de El Niño y los resultados no son representativos aunque desde el punto de vista subjetivo, la plantas sobrevivieron y se pudo cosechar rebrotes. En el

presente año las lluvias han iniciado pero aun tenemos déficit de lluvias, veremos como continua el resto del año. Los momentos óptimos de corte del Moringa, están en función de los recursos con que cuenta la planta para rebrotar. Normalmente en condiciones secas, la frecuencia de corte se extiende a 55-60 días y su producción de biomasa disminuye. En condiciones de lluvia se puede iniciar el corte en el día 30. La semilla tiene un alto contenido de proteína, una ha de plantación de Moringa, con 1 100 árboles, puede producir 3 000 kg/año de semilla seca. La cosecha no es muy difícil pero requiere mucha mano de obra. Por otra parte la semilla tiene un sabor muy amargo y no hemos probado alimentar a los animales con ella. La extracción del aceite de la semilla es muy difícil, por lo métodos tradicionales de prensado no se puede hacer, se requiere hacer con extracción usando solventes y esto es muy costoso aunque el aceite tiene un alto valor comercial.

Avances en la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera gigantea*

Mauricio Rosales y Clara I. Ríos Kato

Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

SUMMARY

Trichanthera gigantea is a very promising fodder tree for a wide range of ecosystems. Its range of adaptation has been reported from 0 to 2,150 m above sea level, it is well adapted to the humid tropics and it grows well in acid and low fertility but well drained soils. Recently, due to the research on the utilisation of this species as a fodder tree, its distribution and cultivation has increased in Colombia and at international level. The first results of this expansion, especially animal feeding trials, have been very diverse. In most of the cases, the source of the stakes used for reproduction is unknown, making impossible to determine the causes of the variation on each trial. CIPAV, has started to assemble a collection of provenances of *Trichanthera gigantea* with the aim of having a bank of genetic material of known origin. The existing collection has 65 specimens from several regions of Colombia and Venezuela and, to date, 20 provenances genetically different have been identified, by enzymatic methods. This paper shows previous results on this species to illustrate the variation of its nutritive value, and reports the advances on the characterisation of the nutritive value of some provenances of the *Trichanthera gigantea* germoplasm collection.

INTRODUCCIÓN

El nacedero (*Trichanthera gigantea*, H y B) de la familia *Acantacea*, es un árbol multipropósito promisorio para una amplia gama de

agroecosistemas. Se encuentra en Colombia, Venezuela, Panamá, Ecuador y Brasil. En Colombia, su rango de adaptación está entre los 0 y 2,150ms de altura sobre el nivel del mar, en sitios con precipitación entre 400 a más de 4 000mm por año. Ha sido utilizado por los campesinos en la protección de nacimientos y corrientes de agua y en la actualidad es una de las especies con mayor promoción para recuperar cuencas hidrográficas en el Valle del Cauca, Colombia. Se le atribuyen propiedades medicinales y es además utilizado en la construcción de cercas vivas, caneyes, casas, en cultivos multiestrato, como abono verde y alimento para animales (Ríos, 1994). Se ha utilizado en ensayos de alimentación de diferentes especies animales, especialmente cerdos (Sarria *et al.*, 1991), ovinos de pelo (Mejía y Vargas, 1993), cabras (Rosales y Galindo, 1987), conejos (Vargas, 1990), cuyes (Mejía, 1989) y gallinas (Chará, 1992), como fuente de proteína.

A raíz de los trabajos de investigación adelantados por CIPAV, sobre la utilización de *Trichanthera gigantea* como árbol forrajero, se ha incrementado el cultivo, la distribución, y la investigación agronómica y zootécnica en esta especie tanto a nivel nacional como internacional. Los primeros resultados de esta expansión, especialmente ensayos de alimentación con animales, se han caracterizado por ser considerablemente diversos. Las diferencias encontradas en los distintos ensayos podrían ser atribuidas a la variación genotípica de esta especie (diferentes procedencias), a la variación fenotípica (como una respuesta a las diferentes condiciones ambientales en las cuales se ha estado propagando), a una combinación de ambos factores, o a las variaciones intrínsecas de los experimentos y/o análisis realizados (efecto del muestreo, laboratorio, etc.). En la mayoría de los casos se desconoce la procedencia del material vegetativo, por lo que se hace imposible determinar las causas de la variación en cada ensayo en particular. Por otro lado, debido a que la propagación de *Trichanthera gigantea* es vegetativa en la mayoría de las regiones estudiadas, se puede presentar la posibilidad de propagar materiales que sean uniformes genéticamente, es decir, que su propagación se haga a partir de unos pocos individuos parentales. Por esta razón, se planteó la necesidad de establecer el tipo de variación (fenotípica y/o genotípica) encontrada en los ensayos de alimentación y agronómicos. Desde entonces, la Fundación CIPAV inició una colección de germoplasma de *Trichanthera gigantea* con el fin de contar con un banco de material genético de procedencia conocida. Hasta

entonces, sólo se había reportado una variedad de esta especie en la literatura, encontrada en Guyana, *Trichanthera gigantea* var. *guianensis* (Record y Hess, 1992). La colección actual de germoplasma tiene 65 ejemplares representativos de varias regiones de Colombia y Venezuela y hasta la fecha se han identificado 20 procedencias genéticamente diferentes, mediante el método de isoenzimas (Ríos, 1994).

En este artículo se dan a conocer resultados iniciales que ilustran la variación en el valor nutricional de *Trichanthera gigantea*. En la primera parte se discuten los resultados obtenidos en diversos ensayos con esta especie sin conocer sus procedencias, para mostrar la fluctuación en su contenido nutricional. En la segunda parte se muestran los avances en la caracterización del valor nutricional de algunas de las procedencias de la colección de *Trichanthera gigantea* que empiezan a dar un indicio sobre la diversidad genética de esta especie.

La variabilidad genética en especies multipropósito es un recurso que debe ser utilizado adecuadamente. El término procedencia se refiere a un área geográfica y ambiental donde crecieron los árboles progenitores, dentro de la cual se ha desarrollado su constitución genética. La variabilidad entre procedencias en una misma especie, es otra manifestación de la gran diversidad que se presenta en las plantas.

La importancia, enfoques, rasgos importantes y ejemplos de la variabilidad genética de árboles forrajeros, ha sido expuesta anteriormente en esta conferencia por J. Stewart, utilizando los ejemplos de *Leucaena* y *Gliricidia sepium*. La variabilidad, en términos agronómicos y nutricionales de distintas procedencias, ha sido estudiada en varias especies de árboles forrajeros, como lo expuso Stewart.

VARIACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL

En una revisión reciente de los análisis del valor nutricional de *Trichanthera gigantea* efectuados desde 1989, se encontró una gran variación en la composición química de hojas y tallos (Rosales, 1997a). Los datos mostraron que el contenido de proteína cruda de las hojas varió desde el 15,0 al 22,5%. Los contenidos de agua y materia orgánica variaron del 20 al 27% y de 16 al 20% respectivamente. El contenido de minerales en las hojas, varió de 23 a 43 g/kg de Ca, 2,6 a 9,2 g/kg de P, 24 a 37 g/kg de K y desde 7,5 a 12 g/kg de Mg. En los tallos, la variación fue de 21 a 64 g/kg de Ca, 21 a 42 g/kg de P, 24 a 37 g/kg de K y 5,8 a

7,2 g/kg Mg (Rosales y Galindo, 1987; Rosales *et al.*, 1989; Gómez y Murgueitio, 1991; Jaramillo y Rivera, 1991; Rosales *et al.*, 1992; Solarte, 1994; Nhan, *et al.*, 1996).

En cuanto a metabolitos secundarios no se detectaron alcaloides ni taninos condensados en *Trichanthera gigantea* y los contenidos de saponinas y esteroides fueron muy bajos en pruebas preliminares. En otros ensayos de laboratorio más sensibles, se encontraron contenidos de fenoles totales y esteroides de 450ppm y 0,062% respectivamente (Rosales *et al.*, 1989). La fluctuación en el contenido de fenoles totales desde 450 hasta 50 288 ppm, sugiere que esto sea una posible causa de la variación en su valor nutricional. Sin embargo, esto está aún por comprobarse.

Se realizaron pruebas de espectrofotometría en clones de *Trichanthera gigantea*, cosechados en dos épocas diferentes con el fin de lograr una caracterización más completa de los compuestos fenólicos. En los perfiles fenólicos se identificó la presencia de cinco picos fenólicos prominentes en los cromatogramas (entre 20 y 30 minutos). La ausencia de un pico en la región de los 10 minutos confirmó que esta planta no tiene taninos condensados detectados en la extracción (no se han determinado taninos ligados a fibra). Estos resultados sugieren que en esta especie, los taninos responsables de la precipitación de proteína son del tipo hidrolizable y son probablemente sólo 5 compuestos. Los cromatogramas también muestran un aumento de la cantidad de compuestos fenólicos relacionada con la edad de la planta.

Fue imposible determinar en esa revisión las causas de la variación en los componentes químicos de las hojas. Esto sugiere la importancia de determinar con mayor precisión, las variaciones nutricionales en esta especie.

La revisión también evidenció que existe poca o ninguna variación en la degradabilidad *in sacco* de esta especie (teniendo en cuenta las limitaciones de esta técnica), sin embargo, se necesitan muchos más datos para corroborar esta hipótesis. Los resultados mostraron que hay una rápida degradación de más del 50% del material en las primeras 12 horas y que durante las primeras 24 horas casi un 70% del material ha sido degradado. La tasa de degradación se hace mucho más lenta entre las 24 y 48 horas. La rápida degradación inicial sugirió que las hojas están compuestas por carbohidratos de rápida fermentación (carbohidratos

simples o no estructurales). Esto se evidenció en una caracterización del contenido de nutrientes más reciente (Cuadro 1).

Cuadro 1

Composición química (g/kg) de *Trichanthera gigantea* (en base seca).

Proteína cruda	178,2
Proteína soluble en agua	35,4
Proteína soluble (% de la proteína cruda)	19,8
Carbohidratos solubles en agua	43,2
Almidón	248,2
Azúcares totales	170,1
Azúcares reductores	91,6
Pared celular (FND)	294,1
Ligno-celulosa (FDA)	217,6
Extracto etéreo	31,2
Materia orgánica	804,1
Capacidad de precipitar proteína (cm ² /g)	323,5
Taninos condensados (densidad óptica/g)	0
Fenoles totales (densidad óptica/g)	208,8

Fuente: Rosales, 1996.

La fermentabilidad potencial de *Trichanthera gigantea* también ha sido evaluada y concuerda con los resultados de la alta degradabilidad en el rumen de esta especie. En ambos casos, ocurre una rápida fermentación, que demuestra por la tasa de fermentación de la fracción rápidamente fermentable (2,83/h). Al igual que en el caso de la degradabilidad, la mayoría de la fermentación ocurre durante las primeras 12 horas. Esto se relaciona con las altas cantidades de carbohidratos de almacenamiento y no estructurales o fermentables (Rosales, 1996).

En un estudio más reciente sobre la caracterización preliminar del valor nutricional de nacedero se realizó una serie de análisis químicos de muestras recolectadas en tres sitios diferentes en Colombia (Rosales, 1997b). Se tomó un conjunto de muestras (n = 6) en la cordillera occidental en la localidad de El Dovio (Valle del Cauca). Otro conjunto (n

= 12) se recolectó en Buga en la parte plana del Valle del Río Cauca. Se tomaron muestras de plantas que estaban creciendo a distancias de 1m y 0,5m. El tercer conjunto de muestras (n = 6) se recogió en la costa Pacífica, en la localidad del Tatabro, río Anchicayá, de árboles sembrados cerca a la orilla del río y en la parte drenada más alta. Las condiciones ambientales de los sitio de recolección se muestran en el Cuadro 2 y los resultados de los análisis en el Cuadro 3.

Cuadro 2

Características agroecológicas de los sitios de recolección.

	El Dovio	Buga	Tatabro
Altura (msnm)	1 750	1 052	50
Precipitación anual (mm)	1 350	1 200	6 000
Humedad relativa (%)	90	70	>100
Temperatura ambiental (°C)	18	24	28
Suelo	Arcilla-	Aluvial	Sedimentario
.	Ceniza	Neutro.	Aluvial.
.	Acido		Acido.

En el Cuadro 3, se observan diferencias en la composición química aunque no es posible determinar con estos datos, si la variación es debida a causas genéticas o ambientales. La materia orgánica varió desde 73 a 83% lo que se considera como contenidos altos. La proteína varió desde el 9,0 hasta casi el 20%. Se encontró la cantidad más alta de proteína en promedio en las plantas que estaban creciendo naturalmente en la localidad de El Dovio; mientras que la cantidad de proteína más baja en promedio se encontró en las plantas que estaban creciendo en un sistema más intensivo, en Buga en plantas cosechadas cada 3 meses y con intervalos entre plantas de un metro. En cuanto a la cantidad de pared celular, los contenidos más altos se obtuvieron en promedio en las plantas que estaban creciendo en el Tatabro. No se evidenció ninguna tendencia en cuanto a los contenidos de ligno-celulosa.

En los análisis de fenoles totales se obtuvieron los promedios más altos en plantas recolectadas en la zona húmeda de la costa Pacífica (Tatabro) y los más bajos en las plantas que crecían bajo la sombra en Buga y cosechadas cada 3 meses. Las muestras con mayor capacidad de precipitar proteína procedieron de plantas recolectadas en la costa Pacífica y que crecían en una zona húmeda, lo cual corresponde, como se

espera, con la cantidad de fenoles totales citada antes. Las capacidades más bajas de precipitación de proteína se encontraron en las plantas que crecían bajo la sombra en Buga y eran cosechadas cada 3 meses. En promedio la menor capacidad de precipitar proteína se encontró en aquellas muestras recolectadas en la localidad de El Dovio. Los factores

Cuadro 3
Composición química de diferentes procedencias de *Trichanthera gigantea* (base seca).

Procedencia	MO (%)	PC (%)	FDN (%)	FDA (%)	FT (mg)	CPP (cm ² /g)	Fermen tación (ml)
<u>El Dovio</u>							
Crecimiento sin cosecha	73,2	19,6	41,2	28,6	0,4	33,6	45,7
<u>Buga</u>							
1m/planta (cosecha 3 meses)	76,1	9,0	38,8	25,1	0,7	69,1	47,9
0,5m/planta (cosecha 3 meses)	77,2	12,8	41,7	29,2	0,4	55,2	42,9
0,5m/planta (cosecha 1 mes)	75,7	16,7	38,7	21,8	0,7	58,7	36,5
1m/planta, (3 meses, sombra)	72,5	17,8	40,5	25,3	0,2	33,2	31,7
<u>Tatabro</u>							
Crecimiento sin cosecha, río	83,3	12,7	49,5	27,4	1,0	81,8	34,0
Crecimiento sin cosecha, drenado	77,8	15,3	45,0	26,1	0,5	48,8	34,6
<u>Promedios</u>							
El Dovio	73,2	19,6	41,2	28,6	0,4	33,6	45,7
Buga	75,4	14,1	39,9	25,3	0,5	54,0	39,7
Tatabro	80,5	14,0	47,3	26,8	0,8	65,3	34,3

MO = Materia orgánica; PC = Proteína cruda; FDN = Fibra Detergente Neutro; FDA = Fibra Detergente Acida; FT = Fenoles totales (equivalentes a ácido gálico); CPP = Capacidad de Precipitar Proteína; * Producción de gas en 48h

antinutricionales como los fenoles, son una respuesta a las condiciones ambientales; sin embargo es claro que la planta debe tener la disposición genética para producirlos. En este caso, se evidencia que *Trichanthera*

gigantea tiene esta disposición. Este trabajo da indicios sobre cómo las condiciones de humedad, sombra y sistema de cultivo pueden influir en la presencia de fenoles con alta capacidad de precipitar proteína y en general en el valor nutricional de *Trichanthera gigantea*.

En la prueba de fermentabilidad *in vitro*, se encontró que las muestras con mayor fermentación correspondían a aquellas provenientes de un cultivo más intensivo (plantas cultivadas en Buga a 1m de intervalo y cosechadas cada 3 meses). Las de más baja fermentabilidad correspondieron a plantas cultivadas bajo la sombra en Buga.

Estos resultados empiezan a caracterizar de alguna forma la variación fenotípica que puede existir en el valor nutricional de esta especie. Sin embargo, sólo se pueden hacer comparaciones válidas entre procedencias que crezcan juntas en el mismo sitio (para evitar confundir los efectos genotípicos y ambientales). Debido a esto, el efecto de la variación genotípica sólo se puede observar por medio de análisis de las plantas pertenecientes a la colección de germoplasma que estén creciendo bajo las mismas condiciones.

AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DE LA VARIABILIDAD GENÉTICA

En 1992, se iniciaron un estudio sobre la etnobotánica de la especie y una colección de germoplasma que en la actualidad cuenta con materiales de las cinco regiones biogeográficas de Colombia (12 departamentos) y tres estados de Venezuela.

El estudio etnobotánico (Ríos, 1994) evidenció que el patrón de distribución de la especie en Colombia, tiene una fuerte influencia antrópica. Con el fin de proteger fuentes de agua, las estacas de *Trichanthera gigantea* fueron trasladadas a nuevas localidades, quizás desde tiempos prehispánicos. En el mismo estudio, no se encontró información sobre propagación sexual. Tampoco se encontraron árboles con semilla sexual en los viajes de recolección de germoplasma realizados hasta 1995. Se considera entonces la posibilidad de tener una base genética muy estrecha de la especie, distribuida en un amplio rango de zonas de vida (11 de acuerdo a la clasificación de Holdridge), ubicadas entre los 0 y 2 150 msnm, con precipitaciones entre 400 y más de 4 000 mm/año.

Se efectuaron pruebas de electroforesis de isoenzimas con materiales vegetales de 52 procedencias colectadas en Venezuela y Colombia, para

establecer la variación genética en la especie. Se utilizaron tejidos de punta de raíces y hojas tiernas, tomados de plántulas cultivadas en arena bajo condiciones de alta humedad durante un mes. La metodología seguida para la tinción de las isoenzimas se adaptó a partir de los protocolos utilizados por CIAT para yuca en geles de poliacrilamida.

Los patrones electroforéticos observados en las isoenzimas $\alpha\beta$ Esterasa ($\alpha\beta$ EST), Diaforasa (DIA), Glutamato oxaloacetato transaminasa (GOT), y Peroxidasa (PRX), revelaron polimorfismo en un segmento del genoma de esta especie. Los patrones revelados por los geles fueron comparados con base en la presencia o ausencia de bandas, con esta información se generó una matriz de ceros y unos a partir de la cual se calcularon distancias genéticas y se elaboró un dendograma a través de técnicas de análisis multivariado. El dendograma generado por el análisis estadístico reveló una separación entre los materiales de Colombia y Venezuela con las isoenzimas PRX, $\alpha\beta$ EST y GOT. De igual manera, se encontraron ocho grupos con patrones electroforéticos diferentes. Estas pruebas preliminares con isoenzimas permitieron establecer la existencia de variación genética en *Trichanthera gigantea* y son la base para el estudio de procedencias de esta especie.

Se realizó una prueba preliminar de fermentación *in vitro* con 6 materiales de la colección y que crecían bajo las mismas condiciones en la parte plana del Valle del Cauca. Todas las plantas eran de la misma edad y fueron cosechadas al mismo tiempo. Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) en la fermentación de las 6 procedencias (Jabonera, Boyacá; Manizales, Caldas; Chiscas, Boyacá; Cerrito, Valle; Ansermanuevo, Valle; y Yátagos, Boyacá). Las respuestas fueron muy variadas. La fermentación más alta fue de la procedencia Chiscas, mientras que la más baja correspondió a la Manizales con valores intermedios para el resto de las procedencias. En general, estos resultados evidenciaron que para esta especie existe una variación genética importante en su valor nutricional, expresada en este caso en su fermentabilidad. Sin embargo los materiales de Jabonera, Manizales, Cerrito y Yátagos incluidos en la evaluación, revelaron patrones electroforéticos similares. Estos resultados pueden significar que el segmento del genoma evaluado no se relaciona con la expresión fenotípica medida a través del tiempo de fermentación de las hojas, y que las diferencias en los perfiles de fermentación varían entre individuos. Sería interesante realizar estas pruebas con clones y en caso de obtener la

misma respuesta, realizar unas pruebas con ADN que permitan conocer una mayor porción o todo el genoma de la planta, para determinar si existe variabilidad genética entre estos materiales.

El estudio de procedencias de *Trichanthera gigantea* (en curso) comprende la propagación del banco de germoplasma en 5 sitios de Colombia de condiciones agroecológicas contrastantes. En cada sitio, se realizará la evaluación agronómica de las 20 procedencias que presentaron diferencias al ser caracterizadas con marcadores bioquímicos, para identificar los materiales más sobresalientes por sitio. Se evaluará el valor nutricional de las procedencias incluyendo compuestos del metabolismo secundario, su variación anual y se harán pruebas de palatabilidad de los materiales vegetales. Se derivará un «Índice de Potencial Forrajero», el cual agrupará las características agronómicas y nutricionales para clasificar las procedencias más promisorias.

La meta de este proyecto es multiplicar parte de este banco de germoplasma e identificar las procedencias de *Trichanthera gigantea* más promisorias, en términos agronómicos y nutricionales, para condiciones agroecológicas diferentes. Esto dará como resultado una imagen muy completa de la variación genética existente en esta especie.

CONCLUSIONES

Estos resultados son el comienzo de una caracterización más completa de *Trichanthera gigantea*. En ellos se evidencia el potencial de su forraje para la alimentación animal. Se identificaron algunos de los factores que pueden estar influyendo en la variación del valor nutricional de *Trichanthera gigantea*, como son clima, humedad, suelo, sombra y sistema de cultivo. Es probable que existan otros factores igualmente importantes. La variación genotípica expresada en el valor nutricional, aunque todavía falta mucha investigación al respecto, ofrece los primeros indicios de la existencia de algunos ecotipos de mejor valor nutricional que otros. La importancia de establecer la variación fenotípica y genotípica radica en la necesidad de establecer pautas de manejo y estrategias de propagación adecuadas para esta especie.

BIBLIOGRAFÍA

- Chará, J. 1992. *Aproximación hacia un sistema de manejo y reproducción de la gallina criolla en semiconfinamiento*. Informe Técnico Fundación CIPAV, Cali p 33-40.
- Gómez, M. E. y Murgueitio, E. 1991. Efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero (*Trichanthera gigantea*). *LRRD* 3 (3):14-23.
- Jaramillo, P. H y Rivera, P. E. 1991. *Efecto del tipo de estaca y la densidad de siembra sobre el establecimiento y producción inicial de nacedero Trichanthera gigantea* (Humboldt y Bonpland). Tesis de Grado. Zootecnia. Universidad Nacional de Colombia.
- Mejía, C. E. 1989. *Alimentación de cuyes (Cavia porcellus) con nacedero y jugo de caña*. Reporte de investigación I semestre de 1989. Convenio inter-institucional para la Producción Agropecuaria en el Valle del Río Cauca (CIPAV). Cali pp49-53.
- Mejía, C., y Vargas, J. E. 1993. Análisis de selectividad de ovejas africanas con cuatro tipos de forrajes. *LRRD* 5(3):37-41
- Nhan, N. T. H., Van Hon, N., Preston, T. R. & Dolberg, F. 1996. Effect of shade on biomass production and composition of the forage tree *Trichanthera gigantea*. *LRRD* 8(2):93.
- Record, S.J & Hess, R. W. 1972. *Timbers of the new world. Use and abuse of America's natural resources*. Arno Press. New York. 642p.
- Ríos Katto, Clara I. 1994. *Apuntes etnobotánicos y aportes al conocimiento del Nacedero Trichanthera gigantea* (Humb. y Bonpl.) Nees. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. U. Javeriana/IMCA/CIPAV. 62 pp.
- Rosales, M. 1996. *In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees*. Tesis de PhD, Department of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, 214p.
- Rosales, M. 1997A. *Trichanthera gigantea* (Humboldt. Et Bonpland.) Nees, a review. En: *Livestock feed resources and integrated farming systems*. II FAO electronic conference on tropical feeds. Roma, 9p.
- Rosales, M. 1997B. Avances en la investigación en el valor nutricional del Nacedero (*Trichanthera gigantea*, (Humboldt et Bonpland) Nees.) En: *Arboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica*. CIPAV. Cali, Colombia. p127-144.
- Rosales, M. y Galindo, W. 1987. *Aportes al desarrollo de un sistema de alimentación para cabras en el trópico*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias; Palmira.
- Rosales, M., Preston, T.R., & Vargas, J.E. 1992. Advances in the characterization of non conventional resources with potential use in animal production. In: British Society of Animal Production. *Animal Production in Developing Countries*. Occasional Publication No.16, p228-229.
- Rosales, M. Galindo, W. F., Murgueitio, E., y Larrahondo, J. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de Guamo, Nacedero y Matarratón. *LRRD* 1(1)
- Sarria, P., Villavicencio, E. y Orejuela. 1991. Utilización del follaje de nacedero (*Trichanthera gigantea*) en la alimentación de cerdos de engorde. *LRRD* 3(3):51-58.

- Solarte, J. A. 1994. *Experiences from two ethnic groups of farmers participating in livestock research in different ecological zones of the Cauca Valley of Colombia*. M.Sc. Thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Uppsala. 80p.
- Vargas, J. E. 1990. *Utilización de jugo de caña y fuentes proteicas no convencionales en la ceba de conejos*. Documento interno de trabajo CIPAV, Cali 5p.
- Wang, T. C. & Fuller, M. F. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. 1. Experiments by amino acid deletion. *British Journal of Animal Nutrition*. 62:77-89.

Comentarios Generales

Manuel Sánchez sobre los últimos artículos de la conferencia.

Los últimos artículos de la conferencia electrónica que tratan sobre especies de árboles y arbustos forrajeros, y otra información sobre especies promisorias, nos indican claramente que los forrajes en los trópicos pueden clasificarse en tres grandes grupos:

- Los pastos, naturales o mejorados con digestibilidades que van de 45-55% y contenido de proteína de 6 a 15% dependiendo de la especie, su manejo (frecuencia de corte y pastoreo; fertilización) y de su asociación con leguminosas. Su calidad nutritiva cambia muy rápidamente con la edad del rebrote, en particular en la época seca.
- Las leguminosas herbáceas, arbustivas o arbóreas. Con digestibilidades de 50 a 70% y contenidos de proteína de 14-30% dependiendo de la especie, de la parte de la planta y su estado de madurez. La calidad nutricional se mantiene con el tiempo. Muchas leguminosas contienen principios antinutricionales y taninos, estos últimos pueden ser beneficiosos o perjudiciales según la dieta.
- Los forrajes de alta calidad (High Quality Forrages o HQF en inglés) que presentan digestibilidades de 70 a 90% y contenidos de proteína de 15 a 30% dependiendo de la especie y de la parte de la planta (hojas > tallos). Entre estos se encuentran la morera (*Morus* spp.), el follaje de yuca (*Manihot esculenta*), la chaya (*Cnidoscolus* spp.), el hibiscus (*Hibiscus* spp.), el malvaviscus (*Malvaviscus* spp.), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y otras, que serán tratadas en un artículo próximo de Jorge Benavides.

En términos de rendimiento de materia seca, tal vez el orden sea: pastos > forrajes de alta calidad > leguminosas, pero en términos de rendimiento de nutrientes digestibles, el orden general sea: forrajes de alta calidad > leguminosas > pastos. Entre estos forrajes de alta calidad el que está más distribuido y ha recibido más atención es sin duda la morera. Según los investigadores del Centro Regional de Sericultura de la Universidad Agrícola del Sur de China (Guangzhou, Guandong, China), hay evidencia de la domesticación y cría del gusano de seda, y por tanto de la morera, la planta de la que se alimenta, desde hace cerca de 5 mil años. Esto la pone al frente de la alfalfa, la «ex-reina» de las forrajeras (para climas templados), ya que hemos descubierto que tenemos una nueva soberana.

La morera crece en variedad de climas desde templados a tropicales, y ha sido llevada a muchos países del mundo con los proyectos de sericultura, que en su mayoría han fracasado, sin embargo, la morera ha quedado, para el beneficio de la ganadería. Los rendimientos y la calidad de la morera son excepcionales, como nos lo ha indicado Jorge Benavides en su excelente artículo. Claro que no es por casualidad que la planta es buena, sino que ha sido seleccionada por mucho tiempo como forraje de corte para satisfacer los altos requerimientos nutricionales de un animal, monogástrico, el gusano de seda. Si se pueden crear gusanos de seda con esta planta, ¿por qué no se pueden crear otros monogástricos como cerdos, aves, conejos, cuyes, etc? Su valor para rumiantes grandes y pequeños es incuestionable. La hibridación de la morera empezó en los años cincuenta, y actualmente las variedades que se usan para la producción del gusano de seda son de muy alta calidad y rendimiento, y muchas se siembran por semilla (no por varas). En mi reciente visita a China pude comprobar como el país mayor productor de cerdos del mundo, en la provincia de Sichuan, la de mayor población de cerdos del país, las cerdas (madres de grandes camadas de cerditos) son alimentadas exclusivamente con residuos (verdes) de cosecha y otros forrajes, nada de granos. Y hasta hace poco tiempo, antes de que los norteamericanos y canadienses introdujeran sus cerdos magros que se usan para cruzamientos terminales, los cerdos en crecimiento también eran alimentados mayormente con alimentos verdes suplementados con tubérculos de camote (*Ipomea batata*) y subproductos de granos. En la actualidad los cerdos cruzados se alimentan con dietas mixtas de forrajes y concentrados). Tal vez el forraje de mayor calidad, según los estudios de Benavides, es la chaya, planta que ha sido domesticada para consumirse como vegetal por los mayas desde hace también mucho tiempo. Desafortunadamente, esta especie no ha sido seleccionada ni mejorada como en el caso de la morera. En esta especie hay mucho trabajo por hacer. La recomendación general en cuanto a la producción de forraje, es que siempre que sea posible, técnica, social y económicamente, la preferencia debe estar en producir forrajes de alta calidad, recordando que las altas producciones de forraje contienen muchos minerales que deben ser devueltos al suelo para mantener su fertilidad. Esto implica un buen sistema de reciclaje de nutrientes (aplicación de estiércol al suelo) y/o la asociación con leguminosas como se está haciendo en Costa Rica y en Colombia. Hago un llamado a todos los especialistas en forrajes y en nutrición/producción animal, a aceptar

esta realidad, y a modificar sus prioridades para poder intensificar de manera sostenible, con recursos locales, la producción animal, para beneficio de la población rural y urbana.

Roberto D. Sainz

Sobre los comentarios de Manuel Sánchez y otros

Quiero antes de todo felicitar a los organizadores por una conferencia de alta calidad y extrema importancia para la ganadería tropical. Esta es mi primera intervención, no por falta de interés sino porque he aprovechado una gran oportunidad de leer y aprender tanto con las ponencias de los colegas de más experiencia. Con este tipo de comunicación, estamos superando y yendo mucho más allá de nuestros colegas en el 'primer mundo'. Con respecto a las clasificaciones de forrajes tropicales que propone Manuel Sánchez, y de las técnicas de evaluación *in vitro* de Rogerio Martins Mauricio, y de las mezclas de forrajes que explicó Mauricio Rosales, Juan Ku Vera y otros: Los sistemas de alimentación utilizados en los países más desarrollados, es decir, del NRC, AFRC, INRA, etc., son apropiados para los alimentos y sistemas de producción que se encuentran en esos países, pero hay muchos ejemplos de los fracasos de esos sistemas en el trópico. Sin embargo, seguimos intentando aplicarlos, modificarlos y adaptarlos para el trópico, como si no tuviéramos más remedio que seguir el mismo camino, de la misma forma que lo hemos hecho con los sistemas de producción. Una de las cosas que he aprendido con esta conferencia es que hay un potencial enorme de mejorar la productividad de la ganadería tropical, si abandonamos los modelos importados de los países de clima templado. De la misma manera, hace falta investigar sistemas de alimentación que sean específicos para los alimentos, los animales, y los sistemas de producción tropicales. Cualquier sistema de alimentación que pretende hacer predicciones de la calidad de los alimentos y de las mezclas de los mismos, y de la producción esperada por diversos tipos de animales alimentados con estas dietas, necesita basarse en la biología fundamental de la digestión y del metabolismo. De lo contrario, estamos condenados a verificar empíricamente el resultado de todas las posibles combinaciones de alimentos, obviamente una tarea Herculeana. Por ejemplo, los factores antinutricionales muchas veces actúan en la población microbiana en el rumen, afectando así la fermentación. Estos efectos solamente pueden ser simulados por un modelo que incorpore explícitamente los procesos

ruminales. Tal modelo podría entonces utilizar datos como los que propone Mauricio Rosales para predecir la calidad nutritiva de cada mezcla. Llamo la atención de los participantes al trabajo de Baldwin, France, Gill, Beever, Dijkstra y otros, que han simulado estos procesos con modelos matemáticos, como ejemplos del tipo de modelo que nos puede ser útil. Me interesaría leer los comentarios de los colegas al respecto. Otra vez, gracias por esta oportunidad, y por favor disculpen los errores en el español.

Roberto Sánchez; Gustavo Febles; Tomás Ruiz y Jatnel Alonso

En varias de las conferencias se ha hecho referencia a lo favorable de la sombra de los árboles para la producción animal pero nunca se abunda lo suficientemente en este aspecto. El conocimiento empírico que poseen los hombres de campo sobre este aspecto es muy amplio pero también muy contradictorio. Dependiendo de la combinación de especies pratenses y arbóreas así como de las condiciones climáticas y de suelo que se presenten en cada situación, habrá opiniones a favor o en contra de la calidad del pasto sombreado, de su rendimiento e incluso acerca de si este puede desaparecer o no desplazado por otras especies o el suelo desnudo. También existe el criterio de que aunque el pasto sombreado se vea más verde es menos apetecido por los animales. En una revisión de la bibliografía sobre el tema, Blanco (1997) encontró que no todos los pastos tropicales responden de la misma forma a la presencia de la sombra de los árboles. Wilson (1993) también se pronuncia al respecto. Ambos resumen así el comportamiento de las siguientes especies de pastos.

Comportamiento de algunas especies de pastos a la sombra.

Tolerante	Medianamente tolerante	Poco tolerante	Referencia
<i>Panicum maximum</i>	<i>Brachiaria decumbens</i>	<i>Andropogon gayanus</i> CIAT-621	Blanco, 1977
<i>Desmodium ovalifolium</i>	<i>Digitaria decumbens</i>	<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT-6780	Blanco, 1977
<i>Centrocema acutifolium</i>	<i>Nemathria altissima</i>	<i>P. maximum</i> CIAT-6299	Wilson, 1993
<i>Macrocarpus sp.</i>	<i>Paspalum notatum</i>	<i>P. maximum</i>	Wilson, 1993
<i>Cenchrus ciliaris</i>	<i>Chloris gayana</i>	<i>Heteropogon contortus</i>	Wilson, 1993

Blanco (1997) en el trabajo ya citado también concluyó que de forma general, el efecto de la sombra sobre el pasto se manifiesta en:

- Un menor contenido de materia seca.
- Una reducción de la digestibilidad del material.
- Un aumento del % de hojas.
- Una reducción de la concentración de los carbohidratos solubles.
- Un aumento significativo de la concentración del N proteico y no proteico.
- Un aumento en la concentración de los minerales y la extracción.

Por su parte Febles, Ruiz y Simón (1995) plantean que las asociaciones entre árboles y pastos u otros cultivos tiende a atenuar las máximas temperaturas a nivel del estrato inferior lo que favorece una tasa de maduración menor y en consecuencia una pérdida más lenta de la digestibilidad. Existen otras informaciones valiosas respecto al efecto beneficioso de la sombra sobre el animal. Wilson *et al.* (1990) al estudiar pastos tropicales sombreados artificialmente y desarrollados en soluciones de cultivo no encontraron respuestas a la sombra por lo que sugieren que el beneficio de la sombra natural se debe a factores del suelo que entre otros efectos provoca una más rápida mineralización del nitrógeno. Sin embargo, estos y otros trabajos acerca del tema no incluyen una valoración acerca de si el efecto de la sombra de los árboles sobre el pasto es suficiente para lograr un incremento en la producción animal, indicador de vital importancia para tomar las muchas veces costosa decisión de establecer árboles de sombra en los potreros. En ese sentido los trabajos encaminados a conocer el efecto de la sombra en la producción de leche vacuna (Davison *et al.*, 1988, Muller *et al.*, 1994) argumentan que el incremento en el consumo de pasto debido a la mejora en el confort animal al atenuarse las condiciones climáticas adversas y poder los animales regular mejor su equilibrio térmico y por tanto aumentan la eficiencia en el uso de la energía del alimento para la producción. El mismo argumento (sin encontrar incremento en el consumo de alimento) plantean Ugarte y Domínguez (1977) y Valtonta (1995) para justificar los ligeros incrementos en la producción de leche que lograron en sus experimentos. Considerar el efecto directo de la sombra sobre los animales separado de aquel indirecto que puede representar el pasto sombreado pudiera ser una de las causas por la que predomina el criterio de manejo de proveer la sombra artificial a los animales durante los

períodos en que las condiciones climáticas son más adversas. Conocemos que las ventajas del componente arbóreo en los sistemas silvopastoriles debe ser evaluada de forma integral y que el empleo de los árboles debe tener un criterio multipropósito pero nos gustaría acceder a más información que profundice en el tema específico de la sombra haciendo hincapié en las medidas de manejo que consideramos esenciales para poder optimizar el efecto de la sombra en la productividad tanto del pasto como de los animales.

- Blanco, F. 1997. Efecto de la sombra sobre la dinámica del pastizal en un sistema silvopastoril. Conferencia en: Diplomado en Silvopastoreo. Estación Experimental de Pastos y Forrajes. Indio Hatuey.
- Davison, T.M.; Silver, B.A.; Lisle, A. T. & Orr W.N. 1988. The influence of shade in milk production of Holstein-Friesian cows in a tropical optand enviroment. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 28:149.
- Febles, G., Ruiz, T.E.; y Simón, L. 1995. Consideraciones acerca de la integración de los sistemas silvopastoriles a la ganadería tropical y subtropical. Seminario Científico-Internacional. XXX Aniversario. Instituto de Ciencia Animal. 25-27 de octubre 1995. ICA. Cuba.
- Muller, C.J.C.; Botha, J..A; & Smith, W.A. 1994. Effect of shade on various parameters of Friesian cows in a mediterranean climate in South Africa. 1. Feed and water intake, milk production and milk composition. *Afr. Tydskr. Veek* 24:56
- Ugarte, J. y Domínguez, 1977. Comparación entre autopastoreo con sombra artificial y pastoreo dirigido con sombra natural para la producción de leche. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola* 11:137
- Vallorta, S.E.; y Leva, P.E.; Galladom, M.R. 1995. Evaluación de diferentes tipos de sombra para mejorar el confort de las vacas lecheras.En: Memorias XIV Reunión ALPA-19 Congreso AAPA.
- Wilson, J.R.; Vallis, I.; Catchpoole, V.R. & Wild D. 1990 Biennial Research Report 1988-1990. Tropical crops and pacture division. CSIRO. Australia pp 72.
- Wilson, J.R. 1993. Improving sown grass productivy. Project. AM25 Biennial Research Report 1991-1993. Division of Tropical crops and pastures CSIRO. Australia.

El silvopastoreo en Cuba

Arsenio Renda, Efraín Clazadilla, Marta Jiménez y Joaquín Sánchez.

Instituto de Investigaciones Forestales, Cuba

(Tomado del libro «La Agroforestería en Cuba», Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales, FAO, Santiago, Chile, 1997)

SUMMARY

The article describes both the traditional and modern technologies of silvipastoral systems in Cuba for about 40 years (from 1953 to 1993). It describes in some detail, the traditional systems: grasslands with trees in extensive cattle production systems, live fences, wind barriers and trees for forage. The description not just includes how they were used and the involved species but also it explores the causes of the decline of the traditional systems. The modern silvipastoral systems are presented as innovative technologies with the objective of producing beef, at a low cost, for auto consumption of cooperatives and enterprises; at the same time as the environmental impact of livestock production is reduced. Results of the territorial management of two river basins where silvipastoral systems were established are presented. Also, the article shows research on silvopastoral systems that include several plant and animal species. This includes studies of the relation plant-soil-animal as well as the measurements of some of environmental impact variables in silvipastoral systems in Cuba for more than five years.

TECNICAS TRADICIONALES

Sistemas agrosilvopastoriles arboles con pastos

La ganadería extensiva con animales rústicos, como los de raza cebú y criolla (producto de diversos cruzamientos), fue la práctica prevaleciente en Cuba antes de 1959, a excepción de algunas vaquerías con tecnologías

modernas localizadas en la provincia de La Habana (Ministerio de la Agricultura, 1987).

Existían, y aún prevalecen, grandes extensiones dedicadas a pastizales, principalmente en suelos con limitaciones para la agricultura, de topografía ondulada, que presentaban árboles forestales y frutales en forma dispersa, cuya función principal era sombrear a los animales.

Numerosas especies pueden ser mencionadas; algunas proporcionan sombra y otras alimento para los animales, ya sea por su follaje o sus frutos. Entre ellas se encuentran: *Samanea saman*, la más común en los pastizales de Cuba, cuyo fruto es comido con avidez por el ganado (Roig, 1953); *Guazuma ulmifolia*, su follaje es comido por rumiantes menores y sus frutos por los cerdos; *Cordia collococca* (ateje), alimento preferido de la avifauna y *Pithecellobium dulce* (inga). En menor proporción aparecen otras especies como: *Spondias mombin*, cuyo fruto es consumido con moderación por el ganado vacuno y los cerdos; *Mastichodendrom foetidissimum*, su fruto lo comen los animales en general y *Calophyllum brasiliense* var. *antillanum* (ocuje) de frutas apetecibles para los cerdos (Roig, 1953).

Con frecuencia en los pastizales se permite la presencia de árboles de alto valor maderable, entre ellos: *Bucida buceras* (júcaro), *Cedrela odorata*, *Geoffroea inermis* (yaba) y *Swietenia mahagoni*. En muchos casos se dejan algunas especies de menor valor económico como: *Ceiba pentandra* (ceiba), *Ficus sp.*, *Sterculia apetala* (anacahuita), y otras; representativas de las diferentes formaciones boscosas de Cuba, o introducidas y muy comunes en los campos.

Las especies frutales son también abundantes en los potreros y forman arboledas en las cercanías de las instalaciones pecuarias. Es común observar la presencia de: *Anacardium occidentale* (marañón), *Citrus limon*, *Citrus sp.* (naranja), *Cocos nucifera*, *Crescentia cujete*, *Mangifera indica*, *Pouteria mammosa* y *Psidium guajaba*. *Crescentia cujete* es muy apreciada, pues sus frutos son utilizados tradicionalmente por la población rural como vasijas y recipientes de uso doméstico.

Asociadas a los árboles, en los pastizales aparecen las palmas y se destacan entre ellas: *Roystonea regia* (palma real), considerada el árbol nacional y que puede calificarse como de uso múltiple: fructifica todo el año y produce hasta ocho racimos, con un peso medio de 22,7 kg, su fruto conocido como palmiche, es consumido por los animales (cerdo en particular) (Roig, 1953); sus hojas y su madera sirven para la construcción

de viviendas rústicas. Según la región fisiográfica, se encuentran además: *Acrocomia armentalis* (palma corajo), *Coccothrinax miraguana* (miraguano), *Copernicia sp.* (yarey) y *Sabal florida* (palma cana).

En la provincia de Pinar del Río, en el territorio conocido como «Alturas de Pizarras», se asocia *Quercus cubana* (encino) al bosque natural de *Pinus tropicalis*. En el bosque, en áreas acuartonadas o abiertas, los campesinos, y las granjas estatales, practican la cría de cerdos y aprovechan los frutos de los encinos (bellotas) para su alimentación, con lo que se obtiene una carne de óptima calidad.

A partir de la década del sesenta, comenzó un programa integral de desarrollo agropecuario que incluyó a la ganadería vacuna, con la transformación de la masa rústica y escasa producción de leche, en una de características lechera y resistente al clima de Cuba. Asimismo, se constituyeron miles de instalaciones con tecnologías modernas y más de 2 000 dotadas de ordeño mecánico (Ministerio de la Agricultura, 1987).

Simultáneamente se introdujeron nuevas técnicas de manejo como el Pastoreo Racional Voisin (Voisin, 1962) que permitía la explotación intensiva de las áreas ganaderas y la utilización de altas cargas, lo que posibilitó elevar en poco tiempo la producción lechera. Pero en muchas ocasiones la transferencia de tecnologías foráneas no fueron adaptadas a las condiciones específicas de Cuba, como fue el caso del manejo y explotación de los pastos por el Método Voisin, que conllevó a eliminar los árboles frutales y forestales y las cercas vivas en áreas extensas, por el concepto erróneo que afectaban la productividad de los pastos, con consecuencias negativas.

Por el contrario, hoy en día tales conceptos han evolucionado y se aprecia una tendencia opuesta: reincorporar al árbol en las tierras de pastizales, que abarcan en la actualidad una superficie de 2,2 millones de hectáreas. En las instrucciones de aplicación del Pastoreo Racional Voisin Mejorado, se propone el establecimiento de árboles de sombra a razón de 100 ejemplares/ha y setos vivos en los linderos exteriores (Ministerio de la Agricultura, 1991).

La asociación de árboles y pastos, como generalidad, presenta una distribución espacial y densidades que varían de 10-50 árboles/ha, que representan un potencial económico por los productos que pueden aportar (madera para aserrío, leña, etc). Además constituyen una fuente alternativa de alimentos para diferentes especies de animales, y cumplen

funciones ecológicas al proteger al suelo de la erosión, al conservar su humedad y al disminuir la evapotranspiración de las plantas.

Cercas vivas

Las cercas vivas se han utilizado tradicionalmente y forman parte del paisaje cubano. Se observan en los linderos de las fincas. Además, las hileras de árboles son utilizadas como postes vivos.

Generalmente en Cuba se han utilizado leguminosas, arbustivas o arbóreas pequeñas, con capacidad de rebrotar, y de ser reproducidas por estacas. Además, se seleccionan con más frecuencia aquellas de uso múltiple, capaces de aportar madera de uso directo, leña, forraje, o que son melíferas o medicinales.

Entre las especies más comúnmente utilizadas, en su mayoría de la familia *Papilionaceae* (León y Alain, 1953; Roig, 1953), se encuentran las siguientes:

- *Erythrina berteroana* es muy utilizada en Camagüey, la provincia ganadera por excelencia.
- *E. grisebachii* (piñón real) es la más utilizada para cercas en las provincias de La Habana y Matanzas.
- *E. poeppigiana* se usa como seto vivo en todo el país, y se emplea extensivamente como árbol de sombra del cafeto en la región oriental de Cuba.
- *Gliricidia sepium* es la más empleada en todo el país.
- *Jatropha curcas* (piñón de botija).

Además, es muy generalizado el empleo de otras especies arbóreas no leguminosas como:

- *Bursera simaruba* por su fácil reproducción por estacas y por su uso medicinal (Roig, 1953).
- *Guazuma ulmifolia* porque el ganado come a veces sus frutos y hojas.
- *Pithecellobium dulce*.
- *Spondias mombin* por la facilidad con que se propaga por estacas y porque sus frutos los comen los cerdos y el ganado vacuno.

Por otra parte, y aunque no se trata de especies forestales, los campesinos utilizan como setos vivos a *Bromelia pinguin* (piña de ratón), la cual en algunos casos constituye barreras para detener la erosión, y a *Lemaireocereus hystrix* (cardona), una especie de cactus.

Cortinas rompevientos

Las cortinas rompevientos no se practicaron de forma tradicional en Cuba, ya que con anterioridad a 1959 la actividad forestal era casi nula. Las primeras cortinas (Betancourt, 1993, comunicación personal), se establecieron en Los Puentes, Motembo, provincia de Matanzas, con la plantación de *Casuarina sp.* para proteger una plantación de *Mangifera indica*. De ahí que las cortinas rompevientos han constituido una tecnología innovadora introducida en el país con vistas a mejorar y proteger los sistemas de cultivo de los vientos alisios que soplan regularmente del nordeste y del norte, que pueden alcanzar hasta 100 km/h, y de los vientos del sur de hasta 126 km/h, pero menos frecuentes, y de los ciclones que a veces azotan a la isla (Boytel, 1972).

A partir de 1967, se iniciaron estudios técnicos integrales con la participación del Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA), de la Universidad de La Habana, de la Dirección Nacional de Mecanización y del Instituto Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento Forestal (INDAF), y se elaboraron las primeras normas técnicas de algunos cultivos, donde se incluía el establecimiento de cortinas rompevientos. Simultáneamente, se comenzaron ensayos de establecimiento de éstas y de barreras antierosivas en la provincia de Pinar del Río, que trazaron las pautas a seguir en los trabajos posteriores (INDAF, 1972).

En 1972 existían en Cuba aproximadamente 3 500 km de cortinas rompevientos: 1 600 km correspondían a cítricos, 800 km a plátano, 400 km a tabaco y 370 km a frutales. Si se considera un ancho promedio de 10 m, la protección efectiva se extendería a más de 100 000 ha, ya que con una altura media de 15 m, se induce una protección a los cultivos de 20 veces dicha altura (INDAF, 1972).

Las cortinas se establecieron en disímiles localidades, a lo largo y ancho de Cuba (Sandino, Pinar del Río, Artemisa, Habana, Jagüey Grande, Matanzas, Ciego de Avila, Veguitas, Granma, Valle de Guantánamo, y otras), por lo que se utilizaron diferentes especies y diseños. Entre las especies más empleadas se encuentran: *Callophyllum brasiliense* (ocuje), *Casuarina equisetifolia* (casuarina), *Citrus limon*, *Eucalyptus saligna* (eucalipto), *Hibiscus elatus*, y *Tamarix indica* (tamarindo).

A partir de 1973, comenzó a declinar el auge alcanzado por las cortinas rompevientos en la medida en que fueron imponiéndose criterios en contra de ellas, ya que: reducen la superficie efectiva de cultivo;

causan una disminución en los rendimientos debido a la competencia de las raíces de los árboles; porque la sombra que proyectan sirve de refugio a una fauna perjudicial, constituida por ratones, gorriones y otros; y porque constituyen un obstáculo para la mecanización. Por estos motivos las cortinas rompevientos, dejaron de ser prioritarias en los programas de reforestación, aunque aún se pueden observar en muchas partes del territorio cubano. Ellas han protegido con eficacia plantaciones de cítricos en Pinar del Río, cultivos temporales en Granma, pastizales en La Habana, plantaciones de caña de azúcar en Guantánamo, etc; así mismo, han representado una fuente de productos maderables cuando se ha procedido a su aprovechamiento. Es por esto necesario rescatar esta técnica que bien aplicada puede contribuir a proteger cultivos importantes para el país, como plátano, cítricos, y otras, y contribuir a la conservación del medio ambiente y a diversificar la producción.

Arboles para forraje

El empleo de forraje de especies arbóreas como alimento animal (ganado bovino, caballar y ovino-caprino) ha sido una práctica tradicional de la población rural para complementar el régimen alimenticio o fortalecerlo en el período de sequía. Entre las especies más utilizadas se encuentran: *Brusimum alicastrum* (guáimaro), *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Trophis racemosa* (ramón de caballo). En el caso específico de *Erythrina beteroana*, su follaje se utiliza en la alimentación de conejos. En los últimos años se ha difundido por todo el país la utilización sistemática de *Leucaena leucocephala* en los denominados bancos de proteínas, donde se pastorean los animales directamente. Así mismo, en el Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), a escala experimental, se ha utilizado el follaje de algunas especies forestales, como *Lysiloma latisiliqua* y *Pinus caribaea*, en la elaboración de harinas que han sido empleadas en la alimentación de pollos de ceba (Leyva *et al.*, 1990) y de gallinas ponedoras (Leyva *et al.*, 1989), respectivamente.

Pero no sólo es aprovechado el follaje, ya que muchas especies forestales aportan también sus frutos. Es el caso de *Samanea saman*, árbol ampliamente difundido en los pastizales de Cuba, cuyos frutos son muy apetecidos por los bovinos. Por otra parte, un numeroso grupo de especies autóctonas que forman parte del bosque semicaducifolio sobre suelos calizos, poseen frutos comestibles para los cerdos, aves y fauna silvestre (Roig, 1953): *Byrsonima crassifolia* (peralejo), *Calophyllum brasiliense*,

Chrisophyllum oliviforme, *Cordia collococca*, *Guazuma ulmifolia*, *Manilkara grisebachii* (acana), *Mastrichodendrom foetidissimum*, *Oxandra lanceolata*, *Pseudolmedia spuria* (macagua), *Quercus cubana*, *Roystonea regia* y *Spondias mombin*.

TECNOLOGIAS INNOVADORAS

Sistemas silvopastoriles

En el contexto nacional ha existido una tendencia a incorporar técnicas novedosas en la actividad agropecuaria y, más recientemente, también en la forestal, influenciadas por el desarrollo masivo y creciente de la reforestación y los logros obtenidos en las investigaciones científico-técnicas relacionadas con la silvicultura.

Un ejemplo de ello, ha sido la difusión en la esfera productiva de las prácticas silvopastoriles, incentivadas por los resultados positivos obtenidos en una parcela experimental donde se evaluó el comportamiento de animales de la raza ovina criolla pelibuey, bajo una plantación forestal de especies latifolias: *Khaya nyasica*, *K. senegalensis* y *Swietenia macrophylla* (Calzadilla, 1991; 1992).

En 1988, una encuesta realizada a nivel nacional estableció que 1,342 cabezas de ganado ovino se pastoreaban en 3 865 ha de plantaciones forestales constituídas por un grupo de 19 especies. Estas cifras son sólo indicativas, ya que en la actualidad los datos reales son mayores, siendo alentador el hecho de que en ninguna de las veintiuna localidades encuestadas se informara de daños a los bosques, ubicados la mayoría de ellos en suelos de vocación forestal, preferentemente de topografía ondulada hasta alomada.

El pastoreo con ganado ovino se ha extendido también a plantaciones de especies frutales como: *Mangifera indica*, *Persea americana* y *Psidium guajaba*. En todos los casos se acude al aprovechamiento de estas áreas con el objetivo de producir carne, a bajo costo, para el autoconsumo de empresas y cooperativas.

En menor proporción, en los últimos años, los ganaderos han utilizado algunas áreas de bosques naturales o artificiales, para el pastoreo de ganado bovino, sobre todo en los momentos críticos del período seco (noviembre-abril); sin embargo, estas prácticas no son recomendables para los bosques naturales (coníferas y latifoliadas) por las alteraciones que producen en la regeneración natural.

Los bancos de proteínas con especies forestales, arbóreas o arbustivas, han tenido gran acogida, en parte para enriquecer la dieta de los animales, y para reducir el consumo de alimentos concentrados, que son costosos y deficitarios. Castillo *et al.* (1989) demostraron las ventajas del empleo de *Leucaena leucocephala* en los bancos de proteína con libre acceso o acceso limitado, en la producción de carne bovina o leche, y su uso se ha extendido a muchas zonas ganaderas del país.

Las áreas dedicadas a la ganadería también han sufrido una drástica reducción de sus arboledas por efecto de la tala, la quema y el empleo de postes de cemento o de madera seca en sus cercos. Como consecuencia, se han reducido las áreas de sombra, así como posibles fuentes de alimento para el ganado. Aparejado a esto, la calidad y productividad de los pastizales se ha reducido a causa del aumento de la evapotranspiración, la erosión y los métodos inadecuados de pastoreo.

La toma de conciencia de la importancia del árbol en la estabilidad ecológica y productiva de los pastizales, ha motivado la aplicación de directivas técnicas del área ganadera del Ministerio de la Agricultura encaminadas al restablecimiento de los setos vivos, los árboles de sombra, y otros, que son de obligatorio cumplimiento.

Según Melchanov (1990), el incremento en un 2 a 3% de la superficie boscosa de los pastizales, aumentaría en 3-4 mm las reservas de humedad como consecuencia de la reducción de los índices de evapotranspiración.

En los trabajos de ordenación y manejo integrado de Río Hondo, municipio de San José de las Lajas, provincia La Habana, cuya actividad económica principal es la ganadería, los productores forestales y ganaderos acordaron un conjunto de prácticas silvícolas y silvopastoriles con vistas a la recuperación ecológica de la zona y al fortalecimiento de las actividades económicas. Entre las más sobresalientes figuran:

- Establecimiento de fajas forestales hidrorreguladoras en cursos de aguas principales.
- Fomento de bosques protectores en el parteaguas y laderas aledañas.
- Introducción de *Leucaena leucocephala* en áreas de pastizales.
- Creación de masas semilleras de *Albizzia procera*, *Gmelina arborea* y *Melia azedarach*, entre otras.
- Creación de arboledas con frutales.

A sólo cinco años de introducidos los árboles en la cuenca de Río Hondo, es apreciable el impacto ambiental ocurrido. Se evidencia una mejora del microclima, se ha estabilizado el escurrimiento en los cursos fluviales y se ha incrementado la fauna, entre otras.

Se ha trabajado de forma especial en la ordenación integral de la cuenca del Río Calabazas, de 2 900 ha de extensión (Jiménez *et al.*, 1993), donde el uso de la tierra fue definido a partir de diferentes estudios básicos realizados (suelo, pendiente, uso actual de la tierra, ordenación forestal, vocación, etc.), lo que permitió la caracterización físico-geográfica del territorio. Esta subcuenca, que forma parte del sistema hidrográfico del río Sagua de Tánamo, se localiza en la zona montañosa al noroeste de Guantánamo, y pertenece a la Empresa Agropecuaria de Montaña «Arturo Lince González». El ordenamiento de ella ha tenido como base la aplicación de los sistemas agroforestales, ya que aproximadamente el 50% de su territorio se dedica a la producción cafetalera. Se definieron las áreas para la actividad forestal, con un porcentaje alto dedicado a la protección de los suelos y las aguas y se incrementaron las áreas dedicadas a frutales. Aunque con poco potencial para la producción ganadera, se estableció un silvopastoreo con ganado bovino de cría, el cual se fundamenta en el pastoreo controlado o racional y el establecimiento de fajas forestales periféricas, con la utilización de las áreas de menor pendiente para pastizales, divididas en cuarterones. Se tiene previsto continuar con este método de trabajo en otras subcuencas de la misma empresa.

Investigaciones silvopastoriles

En los territorios montañosos de Cuba, cuando la agricultura se vuelve insostenible, se practica la ganadería extensiva. Este proceso histórico, característico del uso de la tierra, es una de las causas de la modificación ecológica, que ha llegado a un punto casi irreversible.

En 1981 se iniciaron investigaciones silvopastoriles en la Sierra Maestra, cuyos objetivos básicos eran (Rodríguez, 1981): buscar alternativas a los métodos de pastoreo tradicionales, reducir la masa ganadera bovina e incrementar la población de ganado menor, en particular la ovina, y elevar la producción de alimentos de origen animal; todo esto combinado con la producción forestal y bajo principios de sostenibilidad.

Con ese fin se establecieron dos ensayos, ambos ubicados en el municipio de Guisa, provincia de Granma: parcela silvopastoril «La Caoba» con ganado ovino, y parcela silvopastoril «El Corojito Este» con ganado bovino de ceba. La primera se localiza en áreas de la EEF Guisa, en un sitio representativo de las estribaciones de la Sierra Maestra.

En el período 1982-1987, se estudiaron cinco ciclos de pastoreo, tres con hembras en desarrollo y dos con corderos de ceba (Calzadilla, 1991). El experimento consistió en introducir animales de la raza ovina criolla pelibuey, bajo una plantación de cuatro años de edad constituida por: *Khaya nyasica*, *K. senegalensis* y *Swietenia macrophylla*. El área se dividió en seis cuarterones y se estableció un sistema de rotación con 30 días de descanso al pasto, *Panicum maximum* (hierba de guinea). En 1982 se utilizó una carga de 11 animales/ha, pero en 1987 ésta se redujo a 7.

El incremento medio de peso de los animales en los tres primeros ciclos fue de 66 g/animal/día en la categoría hembras en desarrollo, y en los dos últimos, con corderos de ceba, fue de 57,5 g/d (Cuadro 1). Tales resultados pueden considerarse satisfactorios, ya que en un régimen normal de producción, en condiciones llanas, pastoreo normal y pienso suplementario, se obtienen incrementos de 90 g/d (Rafael Reyes, 1987, Comunicación personal). Ramírez (1990) informa que con edades comprendidas entre cinco y doce meses (edad similar a los animales del experimento), las ganancias en peso son de 76,8 g/d.

Cuadro 1

Parcela silvopastoril «La Caoba»: ganancia en peso del ganado ovino

Tipo de ganado (N° de animales)	Edad (meses)		Peso vivo (kg)		Incremento de peso (kg)		Producción de carne (kg/ha)
	Ingreso	Término	Inicial	Final	Total	Medio diario	
Hembras en desarrollo (6)	7	13	16,08	27,35	11,27	0,063	123,9
	4	10	14,50	27,08	12,58	0,070	138,3
	4	10	14,18	16,00	11,81	0,066	129,9
Corderos de ceba (5)	5	11	18,55	28,65	10,10	0,056	91,8
	7	13	26,40	37,05	10,65	0,059	91,8

El experimento se desarrolló en forma normal hasta que en el último ciclo los animales descortezaron el 67% de los árboles, cuando estos ya tenían diez años de edad, con DAP promedio de más de 10,0cm (Cuadro 2) y alrededor de 8,0m de altura. Esto obligó al retiro de los animales. Esta

Cuadro 2

Parcela silvopastoril «La Caoba»: desarrollo del componente forestal durante el experimento silvopastoril.

Especie	Espaciamiento (m)	Edad de la plantación (años):					
		5		7		9	
		Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)	Altura (m)	DAP (cm)
<i>Khaya nyasica</i>	3,0x3,0	3,4	2,9	6,2	6,4	8,9	11,8
<i>Khaya senegalensis</i>	2,7x2,7	3,7	2,6	6,3	7,0	8,1	12,0
<i>Swietenia macrophylla</i>	2,6x2,6	3,3	2,5	5,7	6,8	7,1	9,7

experiencia negativa no invalida la extensión de los resultados, ya que en la producción los carneros son estabulados, y sólo entran al bosque algunos sementales con el rebaño. Hasta el momento no se informan daños a las plantaciones en las unidades silvopastoriles.

En dicha parcela se ha podido estudiar, además de la interacción animal-árbol, la influencia de la dinámica de crecimiento del bosque sobre los pastos y el incremento en peso de los animales. Los análisis estadísticos demostraron que en un año (1986-1987), el desarrollo del bosque no provocó diferencias significativas en los rendimientos de los pastos, ni en el incremento de peso de los animales. En cambio, al analizarlo en un tiempo mayor, esta influencia es marcadamente apreciable: en 1983, cuando la plantación tenía seis años de edad, se obtuvo una producción de pastos (peso húmedo) de 20 ton/ha (Calzadilla, 1992), y con una carga de 11 animales/ha se logró obtener una ganancia en peso de hasta 70 g/d, lo que representó una producción de carne de 276 kg/ha/año; en 1987, con una carga de 9 animales, hay rendimientos de 8. ton/ha de pastos (peso húmedo), sólo se obtuvieron 183kg/ha/año, o sea un 35% menos de carne.

El experimento ha permitido, después de cinco años de estudios, llegar a las siguientes conclusiones:

- En el caso específico de las especies forestales utilizadas, el pastoreo con ganado ovino puede aplicarse desde los cuatro hasta los diez años de edad de la plantación.
- Para condiciones de calidad media de sitio, las cargas adecuadas estarían entre siete y once animales/ha, pero para las áreas forestales típicas debieran ser menores.

- La producción de pasto (peso húmedo) varía entre 8-20 ton/año; para permitir su recuperación se debe establecer un sistema de rotación, ya sea abierto o cerrado.
- La producción de carne ovina, al inicio y al final del experimento, fue de 276 y 183kg/ha/año respectivamente, con un decrecimiento inversamente proporcional al desarrollo de la plantación.

Estas investigaciones han continuado a una escala superior, con mayor cantidad de animales y de especies, profundizando el estudio de los índices de crecimiento de los animales (peso al nacer, al destete, etc.), de comportamiento de la masa (hábitos alimenticios, reproducción) y de la interacción animal-bosque-suelo.

Se estima que en Cuba, en la actualidad, existen un total de 1,6 millones de ovinos, y que las empresas del Ministerio de la Agricultura poseen 750,000 cabezas (Ramírez, 1990). Se reconoce que las áreas forestales constituyen una reserva potencial para incrementar la masa de ganado ovino (Ministerio de la Agricultura, 1988). Por esta razón recientemente se preparó un instructivo general sobre el manejo de las unidades silvopastoriles con ganado ovino (Calzadilla, 1993), con el fin de mejorar la organización del rebaño, elevar los rendimientos en carne, evitar el sobrepastoreo, y reducir los riesgos de daños al bosque.

Se está desarrollando un experimento silvopastoril con ganado bovino de ceiba, mestizo de Cebú, en la porción oriental de la finca El Corojito (27,3ha), de suelo Pardo sin Carbonatos (Inceptisoles), muy poco profundo (menos de 25cm), de relieve colinoso, y pendiente desde 5%, en el extremo noreste, hasta 40% en la ladera oeste de la parcela (Calzadilla *et al.*, 1993). La finca pasó a ser controlada, en 1982, por la EEF Guisa, lo cual propició la recuperación de la vegetación forestal; pero los trabajos en la parcela silvopastoril se iniciaron en 1986, con la construcción de las cercas. En 1987, se realizaron las primeras plantaciones y se inició el estudio con el primer lote de animales. Para la distribución espacial de los componentes, se tuvo en consideración las características del relieve; las áreas de mayor pendiente (14ha) fueron dedicadas a bosques, en forma de faja periférica, y el área de menor pendiente (12ha) para pastizales arbolados, dividida en seis cuartones, y un área forrajera (1ha). Este modelo silvopastoril permite evaluar el comportamiento de la producción ganadera a partir de un ordenamiento territorial, mediante la práctica del pastoreo controlado bajo los principios de Voisin (1962), en presencia del

componente forestal (no se introducen los animales en el bosque) dispuesto en faja periférica, de 10 a 150m de ancho. Las especies forestales establecidas corresponden a las de la misma zona o adaptadas, y que tienen valor maderable, forrajero o combustible. Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Disminuir el escurrimiento superficial y la erosión.
- Incrementar la producción de carne por unidad de superficie.
- Obtener del bosque producciones diversificadas y sostenibles.
- Mejorar el microclima local.
- Incrementar la fauna silvestre.
- Recuperar y proteger el ambiente, con énfasis en los suelos y el agua.

En cuanto a producción de carne, se han obtenido ganancias en el peso ovino superiores a 600g/d (Cuadro 3), teniendo como fuente básica de alimento el pasto, constituido por *Paspalum nutatum* (pasto mexicano), *Andropogon caricosus* (jiribilla) e *Hyparrhenia ruja* (faragua); sin embargo, la presencia de más de 1,000 ejemplares de *Psidium guajaba*, cuyos frutos se cosechan parcialmente, y de 183 de *Samanea saman*, productor de un fruto muy apetecido por el ganado, permite suponer que constituyen un complemento a la dieta básica. Los resultados en los

Cuadro 3

**Parcela experimental silvopastoril «El Corojito oeste»:
comportamiento del peso vivo (kg) del ganado bovino de ceba, raza
Cebú (noviembre, 1987 / noviembre, 1992)**

Edad (meses)	Duración del ciclo (d)	Número de animales		Peso (kg)		Ganancia por animal		Rendimiento de carne (kg/ha/año)
		Total	Por ha	Inicial	Final	Total (g)	Diario (g)	
7-8	286	20	1,7	116,4	309,8	195,8	684	435,2
10-11	518	19	1,6	198,9	534,5	336,0	649	375,6
9-10	521	24	2,0	161,6	474,9	313,4	601	432,1

primeros cinco años de investigaciones mostraron, de forma preliminar, que las metas iniciales son alcanzables. La recuperación del equilibrio ecológico quedó demostrada al ser posible elevar el número de animales, desde 1,7 a 2,0/ha al tercer ciclo, y la producción de carne hasta 432 kg/ha/año. Con ello se duplicó la carga tradicional de las granjas

productoras de la premontaña, que es de 1 animal/ha. Además, gracias a la salud y el vigor de los toros criados, la mayoría de ellos han sido seleccionados como sementales de las vaquerías de la región.

Paralelamente, se está evaluando el desarrollo de la vegetación forestal, a través de cuatro subparcelas permanentes instaladas en sitios representativos de la faja forestal. En la subparcela ubicada en el sector noroeste de la faja forestal, localizada en un sitio ondulado y suelo muy poco profundo, se ha destacado la gran altura alcanzada por *Cordia gerascanthus*, con un incremento medio anual de 1,47m (Cuadro 4), superior al señalado por Jiménez (1989) en una parcela agrosilvícola cercana (0,73m/año); esta especie es característica de la formación semicaducifolia sobre suelo calizo, muy común en la zona y cuya madera es considerada como preciosa. Le siguieron en orden *Caesalpinea violacea* (yarúa), con un incremento medio anual en altura de 0,77m, y *Swietenia macrophylla* con 0,70m. El crecimiento en altura de la última especie fue inferior al determinado en la localidad de «Corralillo» (1,48m/año), al este del poblado de Guisa, pero en condiciones edáficas superiores (Renda, 1989); sin embargo, Calzadilla (1990) informó que en la parcela «La Caoba», sobre un suelo Pardo con carbonato, medianamente profundo, el incremento a los cinco años fue sólo de 0,67m/año. De lo anterior se infiere que *S. macrophylla* es exigente no sólo en la profundidad efectiva del suelo, sino también en el contenido de humedad de él; es por ello que en sitios bajos y cercanos a los cursos fluviales alcanza gran desarrollo, como en la parcela agrosilvícola «El Corojito Este» en que a los seis años presentó 8,9m de altura media y 11,8cm de diámetro medio (Jiménez, 1989).

En la subparcela centro-este, con características de sitio similar a la anterior, se observó un crecimiento destacado de *Colubrina arborescens* (bijáguara), que en cuatro años alcanzó 3,81 m de altura y un incremento medio de 0,95m/año (Cuadro 4), muy similar a los 1,06m/año informados por Jiménez (1989) en una parcela agrosilvícola aledaña. Esta especie abunda en esta zona premontañosa, su madera es dura y útil para construcciones (Ruiz, 1963). También se observó buen desarrollo en *Caesalpinea violacea* con un incremento medio en altura 0,91m/año y más discreto en *Swietenia macrophylla* con (0,69m/año), muy similar al obtenido en la subparcela noreste.

La subparcela centro-oeste, corresponde a bosque natural enriquecido. En la medición realizada en 1990 (Cuadro 4), al año y medio

de plantada, *Cordia gerascanthus* mostró una altura algo baja (0,51m), mientras que la alcanzada por el bosque natural, constituido principalmente por *Guazuma ulmifolia*, *Trichilia hirta* y *Cordia collococca* (ateje), fue de 8,1, 8,0 y 4,6m, respectivamente.

Por último, el crecimiento de *Lysiloma latisiliqua* (soplillo), fue sobresaliente en la subparcela sur; a los cinco años alcanzó 5,46m de altura, con un incremento medio de 1,09m/año (Cuadro 4). Esta especie leguminosa es característica de los montes secundarios de las regiones cársicas de Cuba, pero se adapta a las condiciones del ensayo. Constituye una alta productora de biomasa forestal, cuyo follaje tiene amplias posibilidades como alimento animal (Leyva *et al.*, 1993).

El comportamiento general de las especies forestales fue satisfactorio, a pesar de que en la década del ochenta la región sufrió una sequía fuerte y prolongada, que influyó negativamente en el crecimiento de los árboles. No obstante, poco a poco se ha recuperado el ambiente forestal perdido.

Pero no se trata sólo de destacar el aspecto meramente productivo y económico, lo cual tiene importancia justificada, sino de llamar la atención sobre el aspecto ecológico y los cambios positivos que se han producido a nivel de la finca, los cuales son hoy día apreciables.

Cuadro 4

Parcela experimental silvopastoril «El Corojito oeste»: crecimiento en altura de las especies forestales (distanciamiento de plantación: 2x2 m).

Subparcela	Especie	Fecha plantación	Altura (m)		Incremento anual (cm)
			1990	1992	
Faja Noreste	<i>Caesalpinea violacea</i>	11/1987	1,07	3,88	0,77
	<i>Cordia gerascanthus</i>	10/1988	2,40	5,90	1,47
	<i>Swietenia macrophylla</i>	11/1987	1,29	3,52	0,70
Faja Centro este	<i>Caesalpinea violacea</i>	11/1987	1,27	4,58	0,91
	<i>Colubrina arborescens</i>	10/1988	0,71	3,81	0,95
	<i>Cordia gerascanthus</i>	10/1988	0,53	2,76	0,69
	<i>Swietenia macrophylla</i>	11/1987	0,84	3,31	0,66
Faja Centro oeste	<i>Cordia gerascanthus</i>	10/1988	0,51	-	-
	<i>Cordia collococca</i>	Bosque nat.	8,10	-	-
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	" "	4,60	-	-
	<i>Trichilia hirta</i>	" "	8,00	-	-
Faja Sur	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	10/1987	3,57	5,46	1,09

La aplicación de las técnicas silvopastoriles ha permitido, en primer lugar, frenar los procesos degradativos que tenían lugar anteriormente sobre: la vegetación, el suelo, los recursos hídricos y la fauna, entre otros. Actualmente se evidencia en el terreno, la mejoría experimentada en el microclima por la restitución de los árboles, tanto en la faja forestal como en el área de pastizales. En esta última se han establecido 139 árboles/ha por regeneración natural de especies frutales y forestales, que regulan los vientos, disminuyen la evapotranspiración, protegen el suelo y proporcionan sombra y alimento a los animales. En el área de pastizales se ha elevado el contenido de materia orgánica de 3,45%, al iniciar las investigaciones en 1986, a 4,19 % en 1992, con una tendencia similar en los nutrientes (nitrógeno y fósforo); aunque se aprecia una disminución del pH (Cuadro 5). Algo similar ha ocurrido en el área correspondiente a la faja forestal (Cuadro 6).

Aunque hasta el momento no ha sido posible medir algunas variables medio ambientales que permitan valorar el impacto del sistema silvopastoril sobre el escurrimiento superficial, se puede inferir la influencia de la reforestación en laderas con pendiente superior al 30%.

Asímismo, se ha establecido el efecto protector del bosque sobre los cursos fluviales, y su contribución a la regulación del régimen

Cuadro 5

Parcela silvopastoril El Corojito oeste, zona de pastizales: datos del suelo al inicio de la investigación y después del año 6.

Profundidad (cm)	MO (%)	Nutrientes asimilables (mg/100 g)			pH		CIC (me/100g)
		N	P	K	H ₂ O	KCl	
Datos químicos del suelo al inicio de la investigación							
0-17	3,45	5,18	0,88	29,9	6,05	4,80	33,71
Datos químicos del suelo después de seis años de investigación							
0-20	4,19	6,28	2,84	6,50	5,60	4,70	23,39

Cuadro 6

Parcela silvopastoril El Corojito oeste, faja forestal periférica: datos químicos del suelo

Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	Nutrientes asimilables (mg/100 g)			pH		Capacidad inter- cambio de bases (me/100 g)
		N	P	K	H ₂ O	KCl	
Al inicio:							
0-22	2,69	4,03	1,02	16,0	6,35	5,00	28,77
A seis años:							
0-20	4,62	6,93	3,49	10,00	6,10	5,40	38,75

hídrico. De acuerdo con las investigaciones hidrológico-forestales realizadas en la cuenca del río Cauto, en la provincia Santiago de Cuba (Herrero, 1992) hasta el cierre de la Presa Gilbert, el coeficiente de escurrimiento en pastos localizados en pendiente de 4 era cuatro veces mayor (0,89) al obtenido en una parcela que sustentaba bosques de latifoliadas en una pendiente de 20 (0,2). En San Diego, Pinar del Río (Herrero, 1981), en una parcela de pastizal, la erosión (73kg/ha) superó en cinco veces la ocurrida en una plantación de pino de ocho años (14,7).

De lo anterior se deducen los beneficios ambientales como consecuencia del ordenamiento de las áreas ganaderas en zonas premontañosas y la importancia de la introducción de los sistemas silvopastoriles en la esfera productiva.

En los últimos años se han desarrollado otras investigaciones relacionadas con las técnicas silvopastoriles, tanto en el IIF como en otras instituciones. Resultan de interés los trabajos realizados con la biomasa de algunas especies forestales, y la utilización de su follaje en la elaboración de harinas. Una de las investigaciones llevadas a cabo en la EEF Viñales, Pinar del Río, consistió en alimentar gallinas ponedoras con pienso comercial con dos niveles (3 y 9%) de harina obtenida del follaje verde de *Pinus caribaea* tanto sin destilar como después de haberle extraído el aceite esencial (Leyva *et al.*, 1989). Los mejores tratamientos para el tamaño del huevo y el color de la yema fueron los que incluían harina de acículas de pino (ambos porcentajes), con y sin destilar, mientras que para el número de huevos, el de 3% resultó ser el mejor.

También se ha estudiado el empleo para la ceba de pollos, de harina elaborada a partir del follaje de *Pinus caribaea* y *P. tropicalis*, de una plantación de 18-20 años de edad de la EEF Viñales, antes y después de

haberle extraído los aceites esenciales (Leyva *et al.*, 1990). La harina, preparada por disecación y trituración, sustituyó parte del pienso utilizado, en proporciones de 10, 8, 6 y 3%. Los mejores resultados se consiguieron con los tratamientos del 6 y 8%, obteniéndose una masa media por ave de 1,98 kg. El análisis bromatológico de las harinas obtenidas (Cuadro 7) mostró la presencia de proteínas, carbohidratos, lípidos y minerales, en concentraciones aceptables, similares a las obtenidas por Polis (1986) con *Pinus maestrensis*. Se estima que se puede obtener 4 500 kg/ha de follaje, los que se transformarían en 2 000 kg de harina, que sustituirían 310 g/ave en la dieta de pienso normal de alrededor de 6 000 pollos de ceba (Leyva *et al.*, 1990).

Cuadro 7

Análisis bromatológico de las harinas obtenidas del follaje de *Pinus caribaea* y *P. tropicalis*.

Constituyente	Sin extracción del aceite		Después de la extracción del aceite		
	<i>P. caribaea</i>	<i>P. tropicalis</i>	<i>P. caribaea</i>	<i>P. tropicalis</i>	<i>P. sylvestris</i>
Materia seca (%)	99,88	97,95	99,63	97,29	-
Grasas (%)	5,50	9,10	2,60	1,00	9,3-14,8
Fibras (%)	39,30	40,30	40,90	44,20	0,0-40,0
Cenizas (%)	2,90	2,00	2,40	1,70	2,1-3,6
Proteínas (%)	6,10	5,30	5,30	5,60	9,4-11,8
Calcio (%)	0,50	0,40	0,60	0,30	0,50
Fósforo (%)	0,07	0,07	0,02	0,05	0,15
Energía (meq.l/kg)	20,61	21,33	21,68	21,57	-
Caroteno (mg/%)	15,00	13,00	17,00	19,00	17,00

Las investigaciones se han ampliado incluso a especies latifolidas como *Lysiloma latisiliqua* (Leyva *et al.*, 1993). La experiencia, desarrollada en áreas de IIF, consistió al igual que las anteriores en mezclar harina preparada a base de esta especie, en proporciones de 4, 6, 8 y 10% con pienso comercial. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, se registraron masas medias máximas de 1,43 kg de rendimiento a la canal. Estos resultados aún preliminares, indican el potencial que presentan los residuos forestales en cuanto a alimentación animal se refiere, y su contribución a la autosuficiencia de las comunidades forestales.

Como ya se había mencionado, los bancos de proteína de *Leucaena leucocephala* han tenido gran difusión en Cuba, de ahí que se hayan efectuado investigaciones con vistas a perfeccionar su explotación. En ese

sentido, resulta de interés mencionar los trabajos realizados en el Instituto de Ciencia Animal sobre *Leucaena sp.*, específicamente encaminadas a la producción de semillas, con vistas a satisfacer las necesidades del país, sin tener que recurrir a importaciones. Con ese fin, se estudiaron siete ecotipos (Febles *et al.*, 1991), concluyéndose que los mejores rendimientos se obtuvieron con los ecotipos de Perú y México, los que alcanzaron a los tres años: entre 321 y 695g de semillas/planta; 17 a 20 semillas por vaina, y el peso de 100 semillas fue de 5g. En otro estudio similar se evaluó el rendimiento y desarrollo de ecotipos y variedades (Ruiz *et al.*, 1992), determinándose que en la estación de lluvia el mejor fue el ecotipo Piracicoba con 736g de semillas/planta en el primer año. Sin embargo, es necesario continuar evaluando los ecotipos y variedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Betancourt, A.** 1993. *Cortinas Rompevientos*. Ciudad de la Habana, Cuba. (Comunicación Personal).
- Boytel, F.** 1972. *Geografía eólica de oriente*. La Habana. Instituto del Libro. 251p.
- Castillo, E.; Ruiz, T. E. y Barrientos, A.** 1989. *Estudio de Leucaena leucocephala para la producción de carne y leche*. La Habana (Cuba). ICA. (Mimeografiado)
- Calzadilla, E., Jiménez, M., Sánchez, J., Mojena, B., Renda, A., Leyva, B., Ancízar A. y J. Torres.** 1990. *Los Sistemas agroforestales en la República de Cuba*. La Habana. CIDA. 29 p.
- Calzadilla, E., Torres, J. Mojena, B., Alvarez, A. Renda, A. Forcade, E., Mercadet, A. y Alvarez, L.** 1992. Comportamiento del ganado ovino (cordero de ceba) en régimen de pastoreo controlado bajo plantación forestal de latifolia en edad latizal. La Habana. *Rev. Forestal Baracoa* 22(1):59-71.
- Calzadilla, E., Torres, J. y Ferrer, A.** 1993. *Informe del experimento 004.23.04.01. Parcela Experimental Silvopastoril «El Corojito este»*. Ciudad de la Habana. 12p.
- Febles, G., Ruiz; T. E., Funes, F., Díaz, L. E. & Bernal, G.** 1991. Initial evaluation of ecotypes and varieties of *Leucaena leucocephala* in Cuba. 1. Seed production. *Cuban J. Agric. Sci.* 25: 201.
- Herrero, J.A.** 1992. *Función hidrológica y antierosiva de los bosques de las zonas montañosas y premontañosas de Cuba*. Resumen Tesis en Opción al Grado Científico de C. Dr. en Ciencias Agrícolas. La Habana. INCA. 27 p.
- Herrero, J.A. y B. A. Melchanov.** 1981. El escurrimiento líquido y sólido en áreas forestales y agrícolas de la provincia de Pinar del Río. Datos de parcelas experimentales de escurrimiento. *Cuba. Rev. For. Baracoa.* 11(1):5-13.
- Jiménez, M.** 1993. *Ordenación Integral de la Cuenca Calabazas*. Instituto de Investigaciones Forestales.
- Jiménez, M., Ferrer, A. Casate, C. Torres, J. Sánchez, J. Sánchez, E. y González, R.** 1989. Establecimiento y valoración de los cultivos agrícolas y forestales hasta la etapa de brinzal en la precordillera norte de la Sierra Maestra. En: *Memorias I Congreso Forestal de Cuba y Simposio Internacional sobre Técnicas Agroforestales*. Tomo 2. La Habana. IIF. pp. 195-215.
- Jiménez, M., Casate, C., Ferrer, A., Forcade, E. Sánchez, J. González, O. Ancízar, A. y González, R.** 1989. Uso múltiple del suelo con restablecimiento de un bosque poliespecífico periférico. En: *Memorias I Congreso Forestal de Cuba y Simposio Internacional sobre Técnicas Agroforestales*. Tomo 2. La Habana. IIF. pp. 179-194.
- León y Alain.** 1953. *Flora de Cuba*. La Habana. Academia de Ciencias de Cuba.
- Leyva, B., Martínez, J.M., Quert, R. Vidal, A. y Caballero, J.C.** 1989. Alimentación de gallinas ponedoras con harina vitamínica obtenida a partir de follaje verde de *Pinus caribaea*. Ciudad de la Habana. Instituto de Investigaciones Forestales. *Boletín Técnico Forestal* 1/89. p1-11.
- Leyva, B., Quert, R. González, R. y Sánchez, R.** 1993. Alimentación de aves de ceba con harinas obtenidas a partir del follaje verde de *Lysiloma latisiliqua* Benth. En:

- Resúmenes Jornada Científica*. Ciudad de la Habana. Instituto de Investigaciones Forestales.
- Leyva, B., Quert, R. Vidal, A., Caballero, J.C., Martínez, J.M. y González, R.** 1990. Obtención de harina vitamínica para alimento animal a partir del follaje verde de *Pinus caribaea* y *Pinus tropicalis*. *Revista Forestal Baracoa* 20(1):21-33.
- Ministerio de la Agricultura.** 1987. *Informe de la Asamblea Nacional del Poder Popular*. Ciudad de la Habana. 72p.
- Ministerio de la Agricultura.** 1988. *Conferencia « Explotación ovino-caprina »*. Ciudad de la Habana. Area Ganadería, Dirección de Equinos y Ganado Menor. 66p. (Sin publicar).
- Ministerio de la Agricultura.** 1991. *Manual para la aplicación del pastoreo racional Voisin (PRV) y el manejo de los rebaños*. La Habana. Area de Ganadería. 63p.
- Polis, O.** 1986. *Informe final de la asesoría técnica extranjera*. Ciudad de la Habana, Cuba. Instituto de Investigaciones Forestales. 80p. (Sin publicar).
- Ramírez, A.** 1990. *Pelibuey de Cuba: un recurso genético tropical*. Ciudad de la Habana, Cuba. CIDA. 20p.
- Renda, A.** 1989. *Particularidades edafológico-forestales de la región central de la Sierra Maestra*. Resumen Tesis de Grado Científico de C. Dr. en Ciencias Agrícolas. La Habana. INCA. 30p.
- Renda, A., Sánchez, J. Lahera, W. y M. Rodríguez, M.** 1989. *Establecimiento de plantaciones forestales con especies autóctonas de valor económico*. C. Habana. IIF. Informe Investigación 004.20.32.08. 10 p. (Mimeografiado).
- Reyes, R.** 1987. *Manejo del ganado ovino*. La Habana. Cuba. (Comunicación personal).
- Roig, T.J.** 1953. *Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos*. 2da ed. La Habana. Seoane Fernández y Cia. 1128p.
- Rodríguez, E.** 1981. *Agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra*. Informe para el Gobierno de Cuba. La Habana. Programa FAO-SIDA sobre contribución forestal al desarrollo de comunidades locales. 65 p.
- Rodríguez, E.** 1981A. *Metodología para el agrosilvopastoreo en la Sierra Maestra*. Proyecto Cuba GCP/INT/347 SWE. Ciudad Habana. CIF. Informe Técnico. 34 p. (Mimeografiado).
- Voisin, A.** 1962. *Dinámica de los pastos*. Madrid. Tecnos. 452 p.

Trabajo sobre arboles y arbustos desarrollados por el Instituto de Ciencia Animal de Cuba

Grupo de Leguminosas

Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba

SUMMARY

The research on the silvopastoral systems at the Institute of Animal Science started in 1979. In 1982 a Multi-disciplinary group was created to work on this area. These studies led to the design of technologies that have been applied both at a national and international levels. The application of these technologies is based on the supplementation of the cattle stock using tree legumes as for example, *Leucaena leucocephala* to form free access protein banks for beef production or limited access protein banks for milk production; at different proportions that may reach up to 100% of the grazing area. These systems contribute to substantial savings in concentrates and minerals, while production may reach 10kg milk/d in the dry season without supplementation and more than 500g/d in beef cattle. Other studies are based on the screening of nearly 100 species for different productive purposes as well as ruminal physiology, nutrient recycling, entomology, animal behaviour, living fences, etc.

INTRODUCCIÓN

Un sistema silvopastoral es una opción agropecuaria que involucra la presencia del árbol interactuando con los componentes tradicionales que son el pasto y el animal. Este conjunto es sometido a un sistema de manejo integrado tendiente a incrementar la productividad y el beneficio neto del sistema a largo plazo.

Es bueno destacar que el silvopastoreo es un sistema biológico -abiológico en desarrollo dinámico constante, el cual se alcanza por etapas con la evaluación de los componentes del mismo. Es decir, los animales,

los árboles, el pasto base, la flora y la fauna aérea y del suelo, el suelo mismo, el reciclado de nutrientes, los factores abióticos y otros de carácter socioeconómico.

De aquí, que las producciones animales y de otro tipo derivados del sistema silvopastoril deben variar positivamente en el tiempo, en la medida que se va consolidando la relación suelo/planta/animal. La introducción de estos sistemas en áreas de producción debe ser paulatina con el concepto de no limitar la unidad pecuaria.

Los primeros trabajos de investigación relacionados con el empleo de los sistemas agroforestales para la producción agropecuaria que condujeron a la conformación de tecnologías que han sido aplicadas nacional e internacionalmente tuvieron su inicio en el Instituto de Ciencia Animal (ICA) en Cuba alrededor del año 1979. Durante esta etapa el trabajo se relacionó principalmente con la producción de leche y posteriormente con la de carne sin descuidar todo lo que se trataba con la agrotecnia y manejo durante el establecimiento empleando *Leucaena leucocephala* como árbol multipropósito.

La aplicación de estas tecnologías se basa en la suplementación de la masa bovina mediante el empleo de leguminosas arbóreas como la *Leucaena* y otras para la formación de bancos de proteína de libre acceso (para la producción de carne) o de acceso limitado (para producir leche) en diferentes proporciones que puede llegar hasta el 100% del área del pastizal y que contribuye al ahorro sustancial de concentrados y minerales para la alimentación del ganado vacuno.

En el ICA existe desde 1982 un Grupo Multidisciplinario que trabaja en silvopastoreo y está integrado por especialistas de biología, agronomía, microbiología, fisiología, nutricionistas y veterinarios, así como por economistas y mecanizadores agrícolas.

RESULTADOS CON ECOTIPOS Y VARIEDADES DE *LEUCAENA* SP. Y OTRAS ESPECIES ARBÓREAS

Poder disponer de una amplia colección de accesiones, ecotipos, variedades de una especie o de otras especies de plantas resulta de mucho interés para lograr buenos resultados en la implantación de una tecnología productiva.

A partir de 1989 (Febles *et al.*, 1995) se ha incursionado en el estudio de leguminosas arbóreas alrededor de 100 leguminosas arbóreas para

diferentes propósitos productivos como sombra, cercas vivas y alimentación animal bovina bajo las condiciones cubanas. Los trabajos han mostrado la importancia de géneros como *Albizzia*, *Enterolobium*, *Bauhinia*, *Erythrina*, *Acacia*, *Moringa*, *Colvillea*, *Peltophorum*, *Gliricidia*, *Lysiloma*, *Azadirachta*, *Gmelina* y otros. Se han realizado estudios agronómicos que han incluido como tema central las causas de la poca sobrevivencia de las siembras en bolsas. Otro aspecto esencial de estudio ha sido acerca de la implantación de sistemas silvopastoriles donde se han abordado varias modalidades. Algunas de estas informaciones se ofrecen en los cuadros siguientes (Cuadros 1, 2 y 3).

Cuadro 1

Supervivencia y número de ramas de leguminosas arbustivas en condiciones de estrés en Cuba.

Sub familia	Especies	Supervivencia, %	No. de ramas
Mimosoideas	<i>Calliandra haematocephala</i>	95,8	7,6
Mimosoideas	<i>Leucaena leucocephala</i>	86,5	7,3
Mimosoideas	<i>Desmodium gyroides</i>	95,2	16,3
Mimosoideas	<i>Pithecollobium obovale</i>	80,0	3,8
Papilionadas	<i>Lonchocarpus punctatus</i>	100,0	2,0
Papilionadas	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	100,0	3,0
Papilionadas	<i>Cajanus cajan</i>	95,0	8,5
Cesalpinioideas	<i>Bauhinia monandra</i>	86,0	7,3
Cesalpinioideas	<i>Cassia fistula</i>	73,0	7,5
Cesalpinioideas	<i>Delonix sp.</i>	100,0	8,3
Cesalpinioideas	<i>Bauhinia malabarica</i>	100,0	7,6

Ruiz *et al.* (1994) al realizar la evaluación durante tres años de una colección de *Leucaena* con 90 accesiones, según sus características de crecimiento, seleccionaron para forraje 46,9%, para pastoreo 36,8% y como plantas energéticas el 16%. Al profundizar en aspectos relacionados con la calidad, La O *et al.* (1995), no encontraron diferencias significativas para la materia seca (MS), proteína bruta (PB) y fibra bruta (FB) entre seis ecotipos, pero la proteína verdadera (PV) fue mayor para los ecotipos Venezuela, 17218 y Perú. La digestibilidad de la materia orgánica (DMO) osciló entre 70 y 83%. Este mismo grupo de trabajo estudió el contenido de mimosina y DHP en 11 ecotipos de *Leucaena* no encontrándose diferencia para estos indicadores.

Cuadro 2
Crecimiento de leguminosas arbustivas sembradas bajo condiciones de estrés en Cuba.

Sub familia	Especies	Altura de las plantas (cm) en días		
		0	180	360
Mimosoideas	<i>Calliandra haematocephala</i>	21,4	39,6	100,0
Mimosoideas	<i>Leucaena leucocephala</i>	29,0	79,4	101,1
Mimosoideas	<i>Desmodium gyroides</i>	49,1	85,0	200,0
Mimosoideas	<i>Pithecollobium obovale</i>	21,4	20,7	20,0
Papilionadas	<i>Lonchocarpus punctatus</i>	20,0	24,0	50,0
Papilionadas	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	35,0	72,0	80,0
Papilionadas	<i>Cajanus cajan</i>	33,6	106,1	105,0
Cesalpinioideas	<i>Bauhinia monandra</i>	28,6	57,0	-
Cesalpinioideas	<i>Cassia fistula</i>	15,5	30,8	30,0
Cesalpinioideas	<i>Delonix sp.</i>	13,8	20,3	50,0
Cesalpinioideas	<i>Bauhinia malabarica</i>	32,3	55,0	100,0

Cuadro 3
Especies relevantes para diferentes propósitos productivos (sombra, cerca) incluyendo la aceptación por animales.

Especies	Rango de consumo por animales bovinos					
	1	2	3	4	5	6
<i>Gmelina arborea</i>						X
<i>Lysiloma bahamensis</i>						X
<i>Albizia falcataria</i>		X				
<i>Albizia lucida</i>				X		
<i>Albizia lebbekoides</i>				X		
<i>Azadirachta indica</i>						X
<i>Picodendron macrocarpus</i>						X
<i>Gliricidia sepium</i>		X				
<i>Colvillea racemosa</i>		X				
<i>Erythrina mysorensis</i>			X			
<i>Bauhinia tomentosa</i>			X			
<i>Bauhinia acuminata</i>			X			
<i>Moringa oleifera</i>						X
<i>Peltophorum sp.</i>						X
<i>Enterolobium contortisiliquum</i>						X
<i>Acacia cornigera</i>						X

AGRONOMÍA

Las investigaciones agronómicas definieron la preparación del suelo y la semilla, época de siembra, población, profundidad de siembra, métodos para el control de malezas y momento de comenzar el pastoreo mejores

que permitieron disponer de una base científico técnica adecuada para implementar los sistemas de producción animal. Esta información aparece en el libro: *Leucaena*, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtropico (Ruiz y Febles, 1987). Esto se complementa con otros estudios los cuales se han desarrollado tales como son, la siembra de cultivos temporales en callejones que han sido empleados con el objetivo de motivar al productor en la atención a estas áreas para que puedan lograr un buen desarrollo de los cultivos sembrados, alcanzar un rendimiento aceptable y además lograr un comportamiento satisfactorio del árbol que es nuestro objetivo principal.

Los resultados nos indican que la *Leucaena* después de 100 días de crecimiento, está en condiciones de recibir su primer pastoreo y además se pueden alcanzar rendimientos de grano de maíz de 1,8-2,1 t/ha sin afectar el crecimiento del árbol ni la inclusión del pasto (Ruiz, *et al.*, 1997).

La siembra de cultivos temporales como el maíz y la vigna durante el establecimiento de la *Leucaena* no provoca daños a esta leguminosa, aumentando la diversificación en el agroecosistema, lo cual logra una mayor actividad de los biorregulares y como consecuencia una menor presencia de insectos-plagas (Valenciaga y Mora, 1997a ; Valenciaga y Mora, 1997b, en prensa).

Sin embargo, es importante destacar que la incidencia de plagas es mucho menor en aquellos agroecosistemas de *Leucaena* con maíz pues ambas pertenecen diferentes familias, por tanto los insectos - plagas de un cultivo no son comunes para el otro. Además de detectar un mayor desarrollo de biorreguladores en el maíz que contrarrestan los posibles ataques de fitófagos de ambas plantas (Valenciaga y Mora, 1997b, en prensa).

La necesidad de asociar la *Leucaena* u otros árboles con un pasto mejorado para lograr una mayor producción de biomasa es un tema de interés. Trabajos desarrollados por Ruiz *et al.* (1997), con dos *Cynodon* y un *Panicum*, para estudiar el momento y número de surcos a sembrar de la gramínea en la *Leucaena*; lograron establecimientos tempranos (120 días después de la siembra) sin afectar el crecimiento de ninguno de los componentes (leguminosa-gramíneas). También la mezcla de más de una gramínea puede ser superior a la siembra de ésta sola. En esta línea, Lazo *et al.* (1995) informaron un rendimiento de un 57% superior de una

mezcla de *Cynodon-Panicum* respecto a la siembra por separado de una de ellas.

Cuadro 4

Comportamiento de plagas y biorreguladores.

Area	Organismos	No. insectos totales	Producción total (%)
Leucaena + maíz	Insectos - plagas	1,443	34,0
	Biorreguladores	124	3,0
Leucaena + vigna	Insectos - plagas	2,543	61,0
	Biorreguladores	64	2,0

EXPLOTACIÓN DEL SISTEMA

La introducción de la sombra en el pastoreo constituye una tarea compleja. Así tenemos que durante cinco años se desarrolló la evaluación de diferentes poblaciones de *Leucaena* (200-400-600-800-1,100 plantas/ha) con distribución espacial diferente para provocar la sombra en potreros (Ruiz y *et al.*, 1994). Esto se basa en que independientemente de que las plantas sean explotadas de forma adecuada ya a los 24 meses de haberse iniciado la explotación con animales hay entre 1-5% de plantas que alcanzan alturas (>200 cm) cuya disponibilidad de follaje no está al alcance de los animales (Ruiz *et al.*, 1986) y así se convierten en árboles para sombra. Lo anterior se refleja en una mayor producción por m² de pasto, mayor porcentaje de hoja, menor porcentaje de material muerto y malezas (Cuadro 5), más deposición de excretas y presencia de diversas aves cuando existió sombra en el pastoreo. Lo anterior explica la preferencia de los animales por permanecer allí (Ruiz *et al.*, 1994).

Al estudiar otras arbustivas para este fin hemos encontrado (Cuadro 6) que *Gmelina*, *Lysiloma* y *Neem* tienen potencial de crecimiento para en un breve tiempo cumplir con esta función. Una situación similar se prevé encontrar con *Bauhinia* y *Enterolobium* en potreros de pasto estrella.

Cuadro 5

Efecto de la sombra de *Leucaena* en el pasto estrella.

Area	# de excretas	Pasto Estrella (g/m ²)	Hojas (%)	Material Muerto (%)	Maleza (%)
Con sombra	4	650	35	13	0
Sin sombra fertilizada	0,8	520	36	19	10
Sin sombra no fertilizada	0,7	212	27	35	26

Cuadro 6

Plantas para sombra en el potrero, 1 año después de la siembra.

Especies	Supervivencia, %	Altura, cm
<i>Gmelina</i>	> 83	> 2,60
<i>Lysiloma</i>	> 78	± 1,88
<i>Neem - Gemelina</i>	> 89 - > 78	± 3,0 - ± 2,2

En una prueba de observación en el ICA para valorar el efecto que sobre la producción de leche puede tener la presencia de árboles de sombra en los potreros, se encontró un incremento de 0,9 l/vacas/d para animales que producían entre 9 y 10 litros de leche diariamente, a favor del período en que los mismos pastorearon en cuarterones de pasto estrella con presencia de árboles de *Albizzia lebbek* (aproximadamente 22 árboles/ha), en comparación a cuando pastorearon en el mismo pasto pero con plena exposición al sol.

Hubo una mejora del confort, ya que en los animales sombreados permanecen menos tiempo expuesto a condiciones adversas del clima. Durante el período experimental las temperaturas máximas promedio se mantuvieron por encima de los 32°C y por encima de 27° las temperaturas medias promedio, mientras que la humedad relativa no descendió del 80%.

Con el propósito de conocer la conducta de vacas lecheras que pastaban 17 horas diarias (de 4pm a 5am y de 6am a 10am) en presencia de árboles de sombra en el potrero se realizó otra prueba de observación en la que se determinó durante las horas de luz natural (4pm a 7:30pm y de 7am a 10am) el número de vacas que se dedicaban a las actividades de consumo, rumia, descanso y otras.

Los resultados generales mostraron que como promedio el 67,85% de ese tiempo los animales se dedicaban a comer, el 15,08% a rumiar, pero alrededor del 71% del tiempo dedicado a dicha actividad (o sea el 10,72% del total) los animales prefirieron rumiar a la sombra. Algo similar sucedió con el tiempo dedicado al descanso, pues el 68,17% del tiempo empleado en dicha acción se realizó a la sombra.

Dentro de «otras actividades» están incluidos lamer, rascar, caminar, etc. en este sentido casi el 23% de estas actividades estaban relacionadas con los árboles, fundamentalmente rascarse contra el árbol (sobre todo aquellas zonas del cuerpo donde no llegaba la cola, cabeza, cuello y paletas) y ramonear las ramas bajas de los árboles.

En Cuba se han realizado muy pocos estudios del reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles. En nuestra institución se están

desarrollando investigaciones bajo estos sistemas con el objetivo de determinar el efecto que ejercen los mismos en los componentes suelo - pasto - animal. El estudio se realiza en dos ecosistemas de pastizales en los cuales *Samanea saman* y *Leucaena leucocephala* son las especies arbóreas presentes con *Cynodon nlemfuensis* como pasto base, aunque se prevén estudiar en otros ecosistemas. En este caso se miden la cantidad de hojarasca que producen los árboles y el pasto durante el año, así como la tasa de descomposición y la liberación de nutrientes al suelo por esta vía. Al mismo tiempo se investiga el comportamiento de la diversidad y biomasa de la macrofauna del suelo y el efecto a más largo plazo sobre las propiedades del suelo y la productividad del pastizal. Los resultados son mejores en las áreas con sombra.

Otros estudios se dirigen hacia la implantación de cercas vivas. Estos trabajos se relacionan con los métodos y épocas de introducir los árboles en las áreas de pastoreo, es decir, en presencia de los animales. Las especies utilizadas en estas investigaciones han sido el almácigo (*Bursera simaruba*), piñón florido (*Gliricidia sepium*) y piñón de pito (*Erythrina sp.*).

Se han estudiado los procesos digestivos en rumiantes que consumen leguminosas, planteando que el uso de éstas ayudan en el suministro de nutrientes al ecosistema ruminal con un beneficio en la utilización de los alimentos fibrosos. Trabajos desarrollados por Delgado *et al.*, (1996) indican que la inclusión de *Leucaena* en, 0, 20, 40 y 60% de la MS de una ración compuesta además por heno de pasto estrella produce un incremento lineal positivo en el consumo de MS de: 66,4, 68,5, 71,3 y 73,0 g/kg PB^{0,75} y en la digestibilidad de la fibra detergente neutra (FND): 44,5, 46,7, 48,3 y 56,0% para los niveles anteriores de inclusión, respectivamente. En un estudio para buscar cepas nativas que degradan la mimosina, el 3,4-DHP y el 2,3-DHP, en el rumen, de animales en diferentes regiones geográficas de Cuba, se encontró que de 40 cepas aisladas, 13 degradan el 2,3-DHP, 27 el 3,4-DHP y la mimosina (Galindo *et al.*, 1995). Como confirmación de lo anterior en trabajos desarrollados por Castillo *et al.* (1998, en prensa) para el engorde de vacunos y empleando un pastoreo con 100% de *Leucaena* se obtuvieron ganancias de 715g/d sin ningún efecto negativo en la salud de los animales.

Al estudiar algunos indicadores sanguíneos Chongo *et al.* (1995) comparando diferentes sistemas con *Leucaena* y un control con pasto natural informan que las proteínas y lípidos totales, globulina y reserva

alcalina no difieren entre tratamientos, mientras el N-amino fue superior para los sistemas con *Leucaena* en donde se encontraron niveles despreciables de mimosina y DHP en plasma, sin trastornos de salud. Estos sistemas presentaron pesos vivos superiores de 8 a 15% con respecto al control de pasto natural.

Para la producción de leche Jordán (1995) plantea que es posible obtener en condiciones de secano y sin concentrado alrededor de 10,5kg de leche/d, por lo que es necesario suplementar con concentrados cuando el potencial lechero del animal sobrepasa los 3,200 kg de leche/lactancia de 305d aunque se reduce el nivel de concentrado a

Cuadro 7

Principales indicadores a considerar en tecnología para hembras con bancos de proteína de *Leucaena*

Tipo de animal	Edad o Peso	Carga animal/ha	Fertilización con N	Tipo de banco	Area con <i>Leucaena</i> (%)	Suplementación a partir de
Desarrollo	10-12 meses (150-200 kg)	4	SI	Acceso libre	30-50	> 600 g/d
Lactancia	Novillas	3 - 3,5	SI	Acceso limitado	25-30	< 400 kg de peso
	Vacas adultas	2,8 - 3	NO	Acceso limitado	25-30	> 3,100 kg/leche por lactancia.

ofertar en 35%. La carga a emplear está entre 3 y 3,5 vacas/d siempre que el área de la gramínea tenga riego y fertilizante a razón de 250 kg de nitrógeno/ha/año. En el cuadro 7 aparece información de importancia en este sentido incluyéndose además los indicadores para hembras en desarrollo.

Para el ganado seco y gestante no es necesario suplementar con concentrado, pues se obtienen ganancias de 600 g/d. El ahorro es de 3 kg de concentrado/animal/d y se reducen los gastos de alimentación en 35 centavos/animal.

Los indicadores reproductivos del sistema con *Leucaena* alcanzan natalidades del 85% y pesos vivos de los terneros de 39 kg y reducción del intervalo parto - parto que es inferior a los 410 días. El costo del litro de leche se redujo en 2,5 cts con respecto a sistemas con concentrados.

El trabajo en crecimiento-ceba de machos en áreas de pastoreo ha comprendido la inclusión de la *Leucaena* en 30, 50 y 100 % del área sin limitar su acceso al animal (Castillo, *et al.*, 1998). Otros factores estudiados son la carga animal, la fertilización, la especie de pasto y la suplementación. Estas tecnologías se resumen en el Cuadro 8 con suma claridad.

Cuadro 8

Estudio del comportamiento de los machos bovinos en sistemas de *Leucaena*.

Area de leucaena (%)	Especie de gramínea	Carga animal por ha	Tipo de suplementación en la seca	Fertilización con N (kg ha/año)	Ganancia (g/d)	Ganancia (kg/ha/año)	Cuartones
30	Guinea	2	-	-	538	392	4
30	Estrella	3	-	-	465	509	4
30	Estrella	3	-	90	532	583	4
30	Estrella	5	-	-	380	465	24
30	Natural	2	Caña/urea	-	371	271	4
50	Guinea	2	-	-	556	406	4
50	Guinea	3	-	-	431	472	4
100	Natural	2	Caña/urea	-	716	523	4

Analizando todos los factores, se comprende que a medida que, se incrementa la *Leucaena*, se puede incrementar la carga y la producción por área, no así la producción individual que oscila entre los 500 y 550 g/d. El número de cuartones no tiene influencia en la producción individual ni en la producción por área. No obstante, si el pasto base de gramínea son especies mejoradas o pastos naturales, sí se reflejan diferencias notables, ya sea en la producción individual como por área.

Todos los trabajos ejecutados en la producción de carne indican que es posible incrementarla cuando se cuenta con fertilización para la gramínea no asociada.

La tecnología elaborada para la explotación adecuada y eficiente de la *Leucaena*, ha permitido introducirla en la producción comercial. La misma fue evaluada también durante los años de 1994-95, en el estado de Colima, México para poder medir su grado de adaptación a otras condiciones edafoclimáticas y del productor (Ruiz *et al.*, 1995). De los resultados obtenidos podemos indicar que después de transcurridos 8

meses de la siembra el 48% de los propietarios que se iniciaron en el proyecto comenzaron el manejo y utilización de la *Leucaena* y al año de la siembra ya explotaban sus áreas el 86%, lo que indica las posibilidades de la tecnología. Además se logró un incremento de la producción de leche de 1 a 3 l/vaca/d, así como una disminución de alimentos suplementarios. En una encuesta realizada entre productores del mismo estado, que abarcó 59 ranchos; el 61.9 % manifestó que la tecnología es buena, funciona y tiene ventajas para la producción animal.

CONSIDERACIONES SOBRE PROYECCIONES FUTURAS DE TRABAJO QUE CONTRIBUYAN A LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS SIVOPASTORILES

Se hace necesario e impostergable la creación de grupos multidisciplinarios internacionales que incorporen a los diferentes centros de investigación, educacionales y de producción en la elaboración de programas de investigación/producción/educación que dirija el trabajo agroforestal en la ganadería en el trópico.

Sería recomendable la creación de una red internacional de intercambio de experiencias y de conformación de trabajos conjuntos apoyándose en las instituciones estatales, especializadas y otros organismos como la FAO.

Aunque se han dado pasos en esta dirección, el conocimiento sistemático de las especies que forman la flora autóctona y foránea de árboles y arbustos, así como un trabajo dirigido hacia la prospección colecta y evaluación de las mismas es imperioso.

Los estudios de discriminación de especies que permita definir diferentes propósitos productivos para la ganadería a partir de germoplasma prospectado es otra tarea de importancia.

El desarrollo de trabajos de genética vegetal que tiendan a la selección y al mejoramiento de especies a favor de características específicas deseables de acuerdo a diferentes propósitos productivos debe tener prioridad.

Hay que desarrollar trabajos de agronomía y nutrición que incluyan requerimientos de establecimiento, mantenimiento y otros. Dentro de este contexto, las investigaciones de microbiología deben ser apoyadas, así como las investigaciones que traten de disminuir la dependencia de los fertilizantes minerales y que valoren al árbol como un elemento que

favorece el mantenimiento y la estabilidad de la fertilidad natural del suelo.

Los estudios acerca de las diversas formas de incorporar el árbol al sistema ganadero cobra cada vez más importancia y deben ser priorizados.

Es necesario el estudio del potencial de producción de semillas de estas plantas, así como sus características específicas y todos aquellos aspectos que conforman la cadena tecnológica de la producción de semillas y el mantenimiento de la calidad.

Otra prioridad imperiosa de investigación es la evaluación de las propiedades físicas, químicas e hidrofísicas fundamentales de los suelos con árboles que pudieran definir con precisión el manejo agroforestal de las tierras disponibles e incluir medidas de conservación de los suelos. A esto se une la definición de la influencia de las técnicas silvopastoriles y agrosilvopastoriles en las variables climáticas locales como la temperatura del suelo y del medio, emisión de CO₂, viento y humedad relativa.

Se requiere de un mayor esfuerzo sostenido para definir el empleo y participación de estas plantas en la alimentación animal de rumiantes que incluya la alimentación a través no solamente del forraje y del pastoreo sino como harinas que formen parte de un sistema integral de alimentación.

Aunque se han conducido algunos trabajos en relación con la composición bromatológica de árboles y arbustos y otros estudios relacionados con el valor nutritivo, no cabe dudas que se hace imperioso profundizar en estos aspectos y relacionarlos con la nutrición, la fisiología y la producción de los animales. A este entorno pertenece la profundización del estudio de los factores antinutricionales que puedan impedir el mejor aprovechamiento del árbol por el animal.

Deben desarrollarse investigaciones que incluyan diversas categorías animales, sistemas ganaderos y de alimentación en zonas edafoclimáticas diversas pero que además se contemplen aquéllas con limitaciones productivas como suelos erosionados, salinos, ácidos y regiones secas y en proceso de desertificación y que estudien integralmente su impacto en el mejoramiento del entorno. En este sentido la valoración de la ganadería de doble propósito en nuestras condiciones socioeconómicas actuales y futuras deberían considerarse adecuadamente.

En el aspecto económico es importante profundizar en los cálculos de las diversas actividades en el establecimiento y desarrollo de los sistemas

agroforestales con la finalidad de que la viabilidad y la factibilidad de su adopción sean más atractivos tanto en el sector estatal como en el privado.

Los estudios de simulación y modelado deben constituir parte de los requerimientos integracionistas donde estén incluidos los sistemas silvopastoriles.

BIBLIOGRAFÍA

- Castillo, E., Ruiz, T.E. y Febles, G. 1998. *Rev.ACPA* (en prensa).
- Chongo, B., La O, O., Castillo, E., Cabezas, L. y Obregón, Y. 1995. *XXX Aniv. ICA*, La Habana, Cuba.7
- Delgado, D., Galindo, J., Chongo, B., Geerken, C. y Curbelo, T. 1996. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 30:283
- Febles, G., Ruiz, T.E. y Simón, L.1995. Inst. Ciencia Animal, *Seminario Científico Internacional*, La Habana, Cuba. Conferencia.
- Galindo, J., Geerken, C., Elías, A., Aranda, N., Piedra, R., Chongo, B., Delgado, D., Aldama, A. y Marrero, Y. 1995. *XXX Aniv. ICA*, La Habana, Cuba. 14.
- Jordán, H. 1995. *XXX Aniv. ICA*, La Habana, Cuba. Conferencia.
- La O, O., Chongo, B., Scull, I., Ruiz, T.E., Fortes, D. y Mirabal, M. 1995. *XXX Aniv. ICA*, La Habana, Cuba. 33
- Lazo, J., Ruiz, T.E., Febles, G. y Díaz, H. 1995. *XXX Aniv. ICA*, Cuba 28.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Cobarrubias, O., Diaz, L.E. y Bernal, G. 1986. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 22:201
- Ruiz, T.E. y Febles, G. 1987. *Leucaena: Una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico*. EDICA. La Habana.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Jordán, H. y Castillo, E. 1994. *Trópico 94*. Colima, México. Conf. Magistral.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Díaz, H., Hernández, L. y Díaz, L.E. 1994. *Sistemas silvopastoriles en la producción ganadera*. Taller Int. EEPF Indio Hatuey. Cuba.
- Ruiz, T.E., Jordán, H., Corbea, L.A., Valencia, A., Galina, M.A., Palma, J.M., Olea, F., Fernández, R., Pérez-Guerrero, J. y Ruiz, J. 1995. *XXX Aniv. ICA*, La Habana. Cuba. Conferencia.
- Ruiz, T.E., Febles, G., Díaz, H., Hernández, L. y Pereiro, M. 1997. *III Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica*. V. Clara. Cuba.
- Valenciaga, N. y Mora, C. 1997A. Estudio de la incidencia de insectos en una siembra de *Leucaena* intercalada con maíz en dos momentos a partir de la siembra. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 31:161.
- Valenciaga, N. y Mora, C. 1997B. *Estudio insectil en siembras de Leucaena intercaladas con cultivos temporales*. (en prensa).

Comentarios

Liliana Mahecha

Manifiesto de antemano mi admiración por este instituto (ICA) y por la línea de investigación que han seguido en sistemas silvopastoriles, específicamente los referidos a la inclusión de *Leucaena leucocephala*. Actualmente desarrollo una investigación acerca de la evaluación integral de un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-Pasto Estrella-*Prosopis juliflora*, en el Valle del Cauca, Colombia, que contempla un enfoque muy semejante al desarrollado por ustedes. Avances de esta investigación se presentarán más adelante en esta conferencia. Sobre el trabajo mencionado por ustedes, me surge una inquietud: Ustedes mencionan que entre 1 y 5% de las plantas de *Leucaena* alcanzan alturas mayores a 200cm, por lo tanto su follaje no está disponible para los animales y estas plantas se convierten en fuente de sombra para el sistema. Las ventajas se reflejan en una mayor producción de pasto, mayor porcentaje de hoja, menor porcentaje de material muerto y malezas así como otros beneficios como mayor deposición de excretas y presencia de avifauna. La pregunta es, en su caso y desde el punto de vista de producción de biomasa comestible, son más importantes los efectos positivos generados por la sombra de *Leucaena* sobre el pasto que el gran porcentaje del follaje de la leguminosa que no sería aprovechado por los animales? Manifiesto esta inquietud ya que en nuestros sistemas, se manejan alturas entre 1 y 1,5m en la *Leucaena*, con el fin de que los animales la utilicen al máximo como forraje y se incluye un tercer estrato arbóreo, de otra especie leguminosa, que ofrezca sombra, bienestar a los animales y que contribuya con biomasa aprovechable para el sistema.

Grupo de Leguminosas

Respuesta a los comentarios de Liliana Mahecha

Nos es de mucho agrado responder a tan interesante pregunta. En el ICA estos resultados a los que usted hace referencia se han logrado en sistemas donde únicamente está presente la *Leucaena leucocephala* aunque, ya se han comenzado estudios en los que se introducen otras especies de árboles fundamentalmente para sombra en estos bancos de proteína. Como apuntamos en nuestra conferencia después de cierto número de años de manejo productivo es inevitable que un porcentaje de las plantas

de *Leucaena* crezca por encima de la posibilidad de acceso de los animales a las ramas. Esto no quiere decir que todas las plantas se dejen crecer sin control alguno, sino que de ellas se permite que se desarrollen totalmente una cantidad que proyecta una sombra cuyo beneficio se manifiesta a través de los indicadores señalados en la conferencia. Por tanto no se afecta significativamente la oferta de este alimento para los animales. Nosotros valoramos que este es un método para introducir la sombra en los potreros sin interrumpir el sistema productivo en la unidad. Por otro lado, la *Leucaena* la consideramos como árbol multipropósito, por tanto, el follaje no accesible para el vacuno puede constituir hábitat para otros grupos zootécnicos y en determinado momento pueden ser utilizados para leña.

Un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia

Liliana Mahecha*, Mauricio Rosales*, Carlos Hernando Molina** y Enrique José Molina**

*Fundación CIPAV, Cali **Reserva Natural El Hatico, Valle del Cauca, Colombia

SUMMARY

In Colombia, the use of silvopastoral systems in ranching systems has boomed considerably recent years. This, added to the benefits observed, and the lack of information about these systems stimulated the Natural Reserve «El Hatico» in collaboration with CIPAV to begin a research program which consists of three phases, two of which will be dealt with in the teleconference. The first phase consists of the analysis of the system, with emphasis on the soil component, the second (still under way), the analysis of the system with an emphasis on the animal component, and the third which is planned for the end of this year, where all components will be evaluated together. The results up to now show interesting information about the benefits observed through the association of leguminous trees (*P. juliflora*) and or shrubs (*L. leucocephala*) with star grass (*C. plectostachyus*) on the chemical composition of the soil, the contribution to organic matter of the system, the improved production and quality of the star forage, as if there were an improved quantities of forage given to the animals, resulting from the different layers of the system. Likewise it shows the variation throughout the year which the forages of the system experience and how this reflects in the animal behaviour in silvipasture. The results of the production as well as the economic benefits obtained in the silvipastoral system mentioned stimulate its

implementation when (aiming for a modern ranching system with a focus on economic and environmental productivity).

INTRODUCCIÓN

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

La Reserva Natural El Hatico, consciente que el gran reto de la ganadería moderna consiste en incrementar la producción de carne y leche en forma acelerada y sostenible, de tal manera que permita suplir las demandas de la población y garantice la protección de los recursos naturales y el medio ambiente; y de la importancia de la investigación de los sistemas silvopastoriles como una alternativa para lograrlo, inició en 1993 la siembra de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) asociada a pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) y Algarrobo (*Prosopis juliflora*). En este sistema silvopastoril, se ha implementado un programa de investigación en colaboración con la Fundación CIPAV, que comprende tres fases: análisis del sistema con énfasis en el componente suelo, análisis del sistema con énfasis en el componente animal (en curso) y en la tercera fase proyectada para finales de este año, se evaluarán todos sus componentes de forma integral, incluyendo los flujos de energía. El propósito de este artículo, es exponer la experiencia en el establecimiento y manejo del sistema, así como aportes de las dos fases de investigación llevadas a cabo en el sistema.

UBICACIÓN

La Reserva Natural El Hatico, es una finca comercial que debido a su contribución al desarrollo sostenible y a la conservación del ecosistema del valle geográfico del río Cauca, así como sus aportes a las actividades de educación e investigación, ha sido reconocida como reserva natural

privada por la Red Nacional de Reservas de la Sociedad Civil, avalada por el Ministerio Colombiano del Medio Ambiente.

La Reserva Natural El Hatico, se encuentra ubicada en el municipio de El Cerrito, departamento del Valle del Cauca, Colombia, a 3°27' de latitud norte y 76°32' de longitud Oeste, a una altura de 1 000 msnm. La precipitación promedio anual es de 750mm y está distribuida bimodalmente (marzo-mayo y octubre-noviembre). La temperatura promedio es de 24°C, la humedad relativa de 75% y la evaporación promedio es de 1 825 mm/año. El Hatico está en una zona agroecológica denominada por Holdridge (1978) como Bosque Seco Tropical.

ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL SISTEMA

Para el establecimiento del sistema silvopastoril, se aprovechó la existencia de árboles de Algarrobo con más de 15 años de plantados. La *Leucaena* se sembró inicialmente por semilla sin inocular (6 kg/ha), mezclada con 600g (el 10%) de semilla de sorgo (planta utilizada como marcador de surco para facilitar los primeros controles de maleza) empleando una sembradora convencional de grano fino. De esta forma, se logró el primer pastoreo a los 6 meses después de la siembra. En establecimientos posteriores se ha utilizado semilla inoculada con la cepa CIAT 1967, logrando reducir el primer pastoreo a 3 meses. La distancia utilizada entre surcos de *Leucaena* es de 1m y entre plantas no existe una distancia constante debido a que se depositan aproximadamente 15 semillas/m de surco, pretendiendo obtener de 3-6 plantas/m, luego de realizar las labores de control de malezas. Los surcos se trazan en dirección oriente-occidente. La siembra de la gramínea, pasto Estrella, se realiza 30 días después de la siembra de la *Leucaena*, utilizando 3 toneladas de material vegetativo (estolones/ha). Se utiliza riego posterior a la siembra de la *Leucaena* y de la Estrella. La siembra de la *Leucaena* se realiza en la época seca para que coincida la época de lluvias con la siembra de la gramínea. El control de malezas se hace mecánicamente con una cultivadora, seguido de control manual a los 15 y 45 días respectivamente. Una vez establecido el sistema, las únicas prácticas de manejo que se realizan son el riego por gravedad en época de sequía (4 riegos/año) y la poda (1,4 podas/año). En este sistema se ha logrado

reducir el riego en el pasto Estrella en un 20% comparado con las praderas de Estrella a plena exposición del sol.

Los potreros son pastoreados durante 1 día (cada potrero es de 4 000 m² limitado por cerca eléctrica) por vacas de alta producción en un número que oscila entre 65-70 animales y sometidos a un repaso durante el día siguiente por 35 vacas secas.

EVALUACIÓN DE LA RELACIÓN PLANTA-SUELO EN EL SISTEMA

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la asociación Leucaena y/o Algarrobo con pasto Estrella sobre la composición química del suelo y la influencia indirecta en la cantidad y calidad de forraje total producido (Estrella, Leucaena y Algarrobo). En este trabajo (Ramírez, 1997), se determinó la producción de biomasa y el contenido de proteína, de los forrajes, se cuantificó la reducción en el uso de urea por efecto de la implementación de los sistemas silvopastoriles, se evaluaron los cambios en la composición química del suelo (N total, P, C, Ca, K, Na) y se estudió el aporte de materia orgánica dentro del sistema silvopastoril.

Se investigaron los siguientes sistemas silvopastoriles: pasto Estrella + Leucaena + Algarrobo; el sistema pasto Estrella + Algarrobo y el monocultivo de pasto Estrella como control. En estos sistemas se evaluó la producción de biomasa. Para el Estrella, se utilizaron áreas de muestreo de 20m² (5 x 4) ubicadas dentro de parcelas experimentales de 8 000m² (40 x 200), según recomendaciones de Rodríguez (1985). La productividad de la legumbre de Algarrobo, se midió recolectando el total de frutos en dos árboles adultos. Esta recolección se realizó plateando totalmente la gotera del árbol y cosechando desde el suelo las legumbres caídas como consecuencia de su madurez fisiológica. De cada muestreo, se obtuvo una submuestra que fue utilizada para la determinación del porcentaje de materia seca, proteína cruda (PC) y fibra detergente neutra (FDN). Se utilizó material proveniente de dos muestreos. Los cambios en la composición química del suelo se evaluaron en la mitad de la gotera del árbol (Algarrobo), en el límite de la gotera del árbol y a 5m del límite de la gotera del árbol, para la asociación pasto Estrella + Leucaena + Algarrobo y en el límite de la gotera del árbol y a 5m del límite de la gotera del árbol para la asociación pasto Estrella + Algarrobo, y se

compararon con el monocultivo. En todos los casos se evaluaron tres profundidades: de 0-10cm, 10-20cm y de 20-30cm. En la medición del aporte de la materia orgánica al sistema silvopastoril se cuantificó, la cantidad de material residual de podas aportado por la *Leucaena* en las mismas unidades de muestreo utilizadas en la producción de forraje verde. El estiércol que dejan los bovinos después de pastorear las áreas de muestreo se tomó en áreas de 20m², diferentes a las empleadas en la productividad de forraje y seleccionadas al azar dentro de dichas parcelas. El aporte de materia orgánica por el forraje de Algarrobo, se midió utilizando bandejas de anjeo ubicadas en parejas bajo el área de influencia de la gotera del árbol, recolectando 1m² según recomendaciones de Duvigneaud (1981).

Se lograron producciones totales de forraje (Materia seca) de 39,3 ton/ha/año en el sistema pasto Estrella + *Leucaena* + Algarrobo (33,4, 5,6 y 0,3 respectivamente), 38,9 en el sistema pasto Estrella + Algarrobo (38,3 y 0,6, respectivamente) y 23,2 ton/ha/año en el monocultivo de gramínea (Cuadro 1). Esta mayor producción de biomasa de los sistemas silvopastoriles respecto al monocultivo se atribuye a un mayor aprovechamiento del espacio vertical, tanto aéreo como subterráneo que supone una mayor captación de nutrientes y energía (Benavides, 1983); en este caso, el Algarrobo aporta legumbres, la *Leucaena* en un segundo estrato aporta forraje al igual que la gramínea en el primer estrato.

La inclusión de leguminosas influyó positivamente en la producción de pasto Estrella, 24,6 y 32,7% superior en los sistemas pasto Estrella + *Leucaena* + Algarrobo y pasto Estrella + Algarrobo sobre el monocultivo, respectivamente. La mayor producción del Estrella del primer sistema, se atribuye a la utilización de fertilización nitrogenada (400kg urea/ha/año) (Cuadro 1).

Cuadro 1

Producción de materia seca comestible/ha/año y contenido de proteína cruda (PC) de los sistemas evaluados.

Tratamiento	Urea (kg)	Producción de materia seca comestible (ton/ha/año)				PC (%) del Estrella
		Estrella	Leucaena	Algarrobo	Total	
Estrella + Leucaena + Algarrobo	0	33,5	5,6	0,3	39,4	14,5
Estrella + Algarrobo	400	38,3	0	0,6	38,9	13,9
Estrella	400	23,2	0	0	23,2	11,2

En cuanto a la composición química, los contenidos de proteína cruda de la gramínea, encontrados en el monocultivo (11,2%) fueron inferiores a los de los tratamientos con presencia de leguminosas, 14,5 % para el sistema pasto Estrella + Leucaena + Algarrobo y 13,95% para el de pasto Estrella + Algarrobo. Vale la pena resaltar que la gramínea asociada a las leguminosas Algarrobo y Leucaena sin urea, alcanzó contenidos de proteína similares a la gramínea asociada con Algarrobo y 400kg/ha/año de fertilización nitrogenada (cuadro 1). Esto evidencia las bondades de estas leguminosas en la fijación de nitrógeno atmosférico y en el aporte de materia orgánica como se verá más adelante.

Con respecto a la composición química del suelo, en el monocultivo se presentó el menor contenido de N frente a los tratamientos que contaron con la presencia de árboles leguminosos, para las profundidades de 0-10 y 10-20cm. Esto se explica en parte, gracias al aporte de material orgánico en forma de hojarasca y residuos de poda que se generan en un estrato arbustivo *Leucaena* y/o arbóreo (*Algarrobo*), y a la sombra generada por estas especies que posiblemente hace que la mineralización de la reserva orgánica del suelo sea más lenta que la ocurrida en praderas a plena exposición del sol (Ramírez, 1997). Sin embargo, a profundidades de 20-30cm se encontró un mayor contenido de N en el monocultivo, lo que se explicó por las pérdidas que por lixiviación hacen llegar hasta allí el N que se adiciona sobre la superficie en forma de urea. Se esperaba que para las profundidades de 10-20 y 20-30cm, todos los suelos bajo el efecto de leguminosas, presentaran valores altos de N pero no fue así, posiblemente como consecuencia de los altos niveles de extracción que para este elemento realiza la gramínea, si se tiene en cuenta que bajo estos tratamientos se obtuvieron los mejores rendimientos de forraje y que el

pasto Estrella es exigente en N. También hubo una tendencia a un mayor contenido de N en la mitad de la gotera del árbol.

Los contenidos de carbono y materia orgánica presentaron la misma tendencia que el N, los mayores contenidos se encontraron en presencia de leguminosas para los perfiles 0-10 y 10-20cm. Los mejores contenidos de P se encontraron en las asociaciones que contaron con la presencia de leguminosas en todas las profundidades, posiblemente como consecuencia de los mayores contenidos de materia orgánica en el perfil edáfico del suelo, que a su vez aumenta el poder tampón en la solución del suelo, posibilitando que el P se ligue en forma de humatos y pueda estar disponible para la gramínea asociada. También, se debe considerar que algunas plantas movilizan P a través de los aminoácidos excretados por las raíces y que actúan como quelantes, ya sea por micorrizas o por bacterias de la rizosfera (situación que puede presentarse en los tratamientos con leguminosas) (Primavesi, 1984). El Ca, Mg y Na presentaron una tendencia similar al P.

Los aportes de materia orgánica (correspondientes a podas, excretas, hojarasca y residuos de pastoreo) de las asociaciones de pasto Estrella + Leucaena + Algarrobo y Estrella + Algarrobo fueron mayores (149,4 y 137 ton/ha/año) que el monocultivo (26,5 ton/ha/año), implicando un mayor reciclaje de minerales al suelo (1 518 y 1 301 kg/ha/año frente a 913 kg/ha/año, respectivamente). Los elementos que mayor reciclaje presentaron en estos sistemas fueron el N, Ca, P y Mg. Esto muestra la ventaja que representa el manejo de gramíneas acompañadas con árboles y/o arbustos leguminosos ya que una fracción representativa de los nutrientes extraídos de la solución edáfica son retomados a ella mediante hojarasca y los residuos de pastoreo o podas, sobre la superficie.

De esta primera fase podemos concluir que la inclusión de los árboles y/o arbustos leguminosos en praderas de pasto Estrella, tuvo un efecto positivo sobre la composición química del suelo (N, C, materia orgánica, P, Ca, Mg y K) gracias a un mayor aporte de materia orgánica al sistema y por ende a un mayor reciclaje de nutrientes. Todo esto repercute en una mayor producción y calidad nutritiva del forraje de la gramínea adicionado a una mayor disponibilidad de material forrajero total consumible en el sistema.

EVALUACIÓN DE LA INTERRELACIÓN PLANTA-ANIMAL EN EL SISTEMA

La segunda fase de la investigación tiene como objetivo estudiar la dinámica del sistema en términos de la relación árbol-gramínea-animal. Se está evaluando en esta fase, la disponibilidad anual de biomasa de cada especie forrajera, la variación anual de la calidad de los forrajes (composición química, digestibilidad *in vitro* y fermentabilidad), consumo voluntario, comportamiento animal (diurno y nocturno) y producción de leche. Se proyectaron 8 mediciones (cada 42 días). Se cuenta con cuatro potreros experimentales de 4 000 m² cada uno. Dentro de cada potrero se están evaluando las asociaciones: pasto Estrella + *Leucaena* y Pasto Estrella + Algarrobo.

El consumo voluntario, el comportamiento animal y la producción de leche se mide en vacas lecheras de la raza colombiana Lucerna en el primer tercio de lactancia; se cuenta con un número de animales de 65-70 en cada período de ocupación. El consumo voluntario se estima por el método agronómico descrito por Giraldo (1996), como la diferencia entre la disponibilidad de cada forraje en el potrero antes y después del pastoreo. Para compensar las limitaciones de este método, se compara con las observaciones de comportamiento referentes al porcentaje del tiempo que el animal pasa comiendo cada forraje. Para medir el comportamiento, se observan 2 vacas del lote experimental por 5 min. con intervalos de 10 min. durante 8h diurnas y 11h nocturnas (dos días para cada medición) que permanecen en los potreros. Se mide el tiempo que el animal pasa en pastoreo, ramoneo, rumia y descanso. Además, durante 12h diurnas y nocturnas (en ordeño y en potrero), se determinan el número de veces en que los animales orinan, defecan y toman agua. La producción de leche se mide diariamente durante 8d del muestreo. La disponibilidad de forraje de cada especie se mide antes y después del pastoreo con el método de Doble Muestreo (Haydock y Shaw, 1975). Para los análisis de valor nutritivo se toma una muestra de 300g de cada especie de cada asociación y se determina en el laboratorio contenidos de proteína cruda, digestibilidad *in vitro* de materia seca, fibra detergente neutra y ácida, fermentabilidad, Ca, y P.

Los resultados iniciales (7 mediciones realizadas hasta el momento de 8 que contempla el proyecto), muestran un efecto de la época del año en la disponibilidad de materia seca de los forrajes en los potreros experimentales. En las épocas secas la disponibilidad de todos los forrajes

ha disminuido (siendo aún más drástico por el efecto del fenómeno de El Niño) haciéndose necesaria la aplicación de riego en los potreros con el fin de estimular la recuperación de los forrajes para el pastoreo siguiente. En épocas de lluvias (dependiendo de la intensidad), ha existido variación en la disponibilidad de la gramínea; las lluvias moderadas han favorecido el desarrollo forrajero en el siguiente pastoreo, mientras que el exceso de agua y pisoteo por parte de los animales producto de las lluvias fuertes, han influido negativamente en la disponibilidad de la gramínea del siguiente pastoreo. La *Leucaena* por el contrario, ante el exceso de lluvias (noviembre) y el daño del pasto por el pisoteo de los animales en condiciones de humedad, es consumida en una proporción mayor a la normal; este mayor consumo sumado a una mayor altura de los arbustos repercute en una mayor disponibilidad de *Leucaena* para el pastoreo siguiente. Se ha podido observar también un efecto benéfico de la poda manual de la *Leucaena* (actividad de manejo del sistema realizada a 1 m de altura) sobre la producción de forraje de los árboles, Hernández *et al.* (1986), atribuyen este hecho a la activación que ocurre del crecimiento de las yemas en el tallo por debajo de la altura de poda. Sin embargo, la *Leucaena* incrementa muy rápido su altura después de la poda, lo que dificulta el consumo normal de los animales, razón por la cual se recomienda realizarla a una altura inferior que permita que los rebrotes inicien más abajo y se retarde así la siguiente poda.

En el Cuadro 2, se presentan los promedios de forraje disponible (MS/ha) durante las mediciones realizadas hasta ahora. En general, se ha observado una tendencia a una mayor disponibilidad de forraje en el Estrella asociado a *Leucaena*, que en la asociada a Algarrobo, esta situación se invierte cuando la *Leucaena* sobrepasa los 1,50m de altura (diciembre), volviendo a establecerse una vez se realiza la poda, esto conlleva a pensar en un posible efecto negativo de la mayor proporción de sombra sobre la disponibilidad de la gramínea, tal como lo menciona Giraldo (1994).

Cuadro 2

Disponibilidad promedio de forraje aprovechable (MS/ha/año).

Período	Estrella asociado a <i>Leucaena</i>	Estrella asociado a algarrobo	<i>Leucaena</i>
JULIO	2,2	2,1	0,2
AGOSTO	2,7	1,8	0,3
OCTUBRE	3,8	3,0	0,5
NOVIEMBRE	4,9	3,6	0,6
DICIEMBRE	2,7	2,8	0,7
FEBRERO	2,8	2,7	0,2
MARZO	3,1	3,0	0,7

En el cuadro 3, se presentan datos iniciales sobre los consumos de materia seca, para cada uno de los forrajes disponibles en el sistema. Es necesario aclarar que aunque el Algarrobo aporta legumbres muy apetecidas y consumidas por los animales, no se estimó el consumo de éstas en las

Cuadro 3

Consumo de materia seca (kg/animal/d).

PERIODO	Estrella asociado a <i>Leucaena</i>	Estrella asociado a Algarrobo	<i>Leucaena</i>	Consumo de <i>Leucaena</i> como % de la dieta forrajera
JULIO*	5,8	2,1	1,1	12
AGOSTO*	5,7	1,0	1,1	14
OCTUBRE*	7,9	2,4	2,1	17
NOVIEMBRE*	10,0	2,6	2,9	19
DICIEMBRE*	4,3	1,8	2,4	28
FEBRERO*	4,9	1,2	0,96	14
MARZO**	5,3	2,1	1,9	21

*Suplemento: 1,65kg de arroz/mogolla y 1,5kg de gallinaza (2,52 kg MS/d)

**Suplemento: 1,65kg de arroz/mogolla, 1,5kg de gallinaza y 1kg. de melaza=3,32 k MS/an/d.

parcelas experimentales. La producción promedio, se midió en árboles de potreros no experimentales, durante las dos cosechas del año, encontrándose producciones promedias de 0,4 ton de legumbres/ha (10 árboles/ha), siendo similares a las encontradas por Ramírez (1997) de 0,355 ton/ha y superiores a las reportadas por Santos *et al.*, 1996 de 0,184 ton/ha.

En cuanto al consumo de los forrajes, se ha presentado una tendencia de aumento en el consumo al aumentar la disponibilidad. En el caso de

Leucaena, en diciembre, cuando se presentó la mayor disponibilidad, su consumo disminuyó con respecto a la anterior rotación, esto debido a

que la altura de los arbustos sobrepasaba los límites de utilización de los animales.

Los resultados expuestos en el cuadro 3, muestran el efecto de la época del año sobre el consumo, al afectar la disponibilidad de forraje y comportamiento animal. Aún faltan los datos de calidad del forraje.

Es importante anotar que aunque el consumo máximo de *Leucaena* estimado hasta ahora, ha sido del 28% de la dieta forrajera, no se han presentado síntomas de toxicidad.

Aunque los datos de comportamiento no se tienen procesados todavía, las observaciones iniciales, muestran una tendencia (tanto diurna como nocturna) a pastorear más el Estrella asociada a *Leucaena* que el asociado a Algarrobo, este espacio lo destinan normalmente para echarse por lo que se produce mucho desperdicio por aplastamiento y contaminación con heces.

Con respecto al efecto de las lluvias en el comportamiento animal, se ha observado que en los días en las que las lluvias han sido fuertes, hay un cese de actividades de consumo de forraje por parte del animal, buscando los árboles como refugio. Esto contribuye a un mayor desperdicio de forraje de Estrella asociado a Algarrobo y a una disminución en general de pastoreo de la gramínea en el potrero (en ambas asociaciones) por encontrarse mojada y embarrada, llevando a un incremento de ramoneo de *Leucaena*. En períodos de cosecha de Algarrobo (octubre y marzo), los animales tienden a permanecer mayor porcentaje de tiempo debajo de los árboles, buscando las legumbres y dedicando menos tiempo del acostumbrado a pastoreo del Estrella que está asociada a la *Leucaena*.

Se ha encontrado que los animales dedican mayor tiempo a rumia-descanso durante la noche que en el día y esta actividad la realizan principalmente debajo de los árboles de Algarrobo, por la mayor protección que les brindan contra el sol y el mayor espacio disponible para echarse (existe un comportamiento grupal a echarse).

En el momento faltan procesar los datos de comportamiento y realizar los análisis químicos del forraje con el fin de poder analizar si el comportamiento, consumo y producción de leche varían con base en la calidad y/o cantidad de forraje disponible a través del año.

Algunos beneficios que han sido observados en el sistema incluyen la disminución de la incidencia de intoxicaciones por nitritos y ácido cianhídrico (Uribe, 1988; comunicación personal), bienestar animal y el

incremento en la biodiversidad. El sistema silvopastoril de pasto Estrella-Leucaena-Algarrobo y otras especies arbóreas, uno de los más diversos con 46 especies de aves (Cárdenas, 1998).

CONCLUSIONES

La asociación del pasto Estrella con leguminosas arbustivas (Leucaena) y/o arbóreas (Algarrobo), representa una mejora de las condiciones del suelo, lo que se traduce en una mayor producción y calidad de forraje. Existe una dinámica anual en la disponibilidad de forraje del sistema, lo que repercute en el comportamiento y consumo animal. Esta variación observada en la disponibilidad y calidad de forraje dará las pautas para una correcta suplementación a través del año y para establecer normas de manejo adecuadas para el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides**, 1983. Investigación en árboles forrajeros. En: *Curso corto intensivo sobre técnicas agroforestales con énfasis en la medición de parámetros biológicos y socioeconómicos*. CATIE, Turrialba.
- Duvigneaud, P.** 1981. *La síntesis ecológica*. Editorial Alhambra. Madrid. 310 p.
- Giraldo, L.A.** 1994. Elementos de evaluación integral en sistemas silvopastoriles. En: *Seminario sobre agroforestería una alternativa alimenticia para rumiantes en el trópico*. UNC, Bogotá, Colombia.
- Giraldo, L.A.** 1996. *Metodología para estimar el consumo bajo pastoreo*. Documento de trabajo, curso de profundización y Nutrición. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. 13p.
- Haydock, K. & Shaw, N.** 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Aust. J. Exp. Agric & Animal Husb.* 15:665-670.
- Hernandez, C.A., Alfonso, A. y Duquense, P.** 1986. *Revista pastos y Forrajes (Cuba)* 9:79.
- Holdridge, L.R.** 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Serie de libros y materiales educativos No. 34.
- Primavesi, A.** 1984. *Manejo ecológico del suelo: La agricultura en regiones tropicales*. 5a edición. Editorial El Ateneo, Buenos Aires, Argentina.
- Ramírez, H.** 1997. Evaluación de dos sistemas silvopastoril es integrados por *Cynodon plectostachyus*, *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. En: *Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. CIPAV. Cali.
- Rodríguez, R.A.** 1985. *Producción de biomasa de Poró gigante (E. Poeppigiana) y King grass (Pennisetum purpureum * P. thypoides) intercalados, en función de la densidad de siembra y la frecuencia de poda del Poró*. Tesis Mg Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 70 p.
- Santos, L.D.; Bernal, C.A. y Duarte, J.H.** 1997. Introducción a la evaluación de la producción de Algarrobo (*Prosopis juliflora*) en áreas de bosque seco tropical, Alto Magdalena, Cundinamarca, Colombia. En: *Seminario Internacional de Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria*. CIPAV. Cali.

Una visión general de sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles con eucalipto en Brasil

Omar Daniel* y Laércio Couto**

*Universidad Federal de Mato Grosso del Sur, Brasil.

**Universidad Federal de Viçosa, Brasil

(Este artículo es parte del documento publicado en junio de 1998 como: Daniel, O.; Couto, L. 1998. Sistemas agroflorestais com eucaliptos no Brasil: Uma visão geral. Viçosa, MG, Brasil: Sociedade de Investigações Florestais/UFV, 49p. Documento SIF, 17, que está disponible en: COOPASUL Campus de la Universidad Federal de Viçosa CP 20836571-000 VIÇOSA, MG BRASIL. Tel. 8992381, Fax 8992107)

SUMMARY

This article shows the evolution of agroforestry systems with eucalyptus as major forest component in Brazil. It embraces the great majority of the work done, involving forage plants, crops and animals. It begins with a brief discussion on the positive and negative aspects of the eucalyptus production, and continues with a report of the research itself. In general, the work described in the text demonstrates the economic viability of Agroforestry Systems (SAF) with eucalyptus, both in silvopastoral and in agrosilvopastoral systems. Of course in some situations is possible to minimize some of the negative environmental impacts of eucalyptus cultivation. Reading the text clearly indicates that researchers were still no concerned with evaluating the possibilities to minimize the social impacts of the cultivation of the eucalyptus in SAF, comparing with the its monoculture. It can also be noticed that SAF with eucalyptus are practically restricted to the great forest companies. At the end, the initiatives that analyse the potential of forest extension, as strategy for

increasing the areas of eucalyptus cultivation with less effect on food production in the vicinity of the great forest enterprises are mentioned.

INTRODUCCIÓN

El eucalipto es una especie adaptada para las prácticas silvopastoriles, porque tiene copas estrechas que permiten la penetración de una cantidad razonable de luz directa o difusa hasta el nivel del suelo permitiendo el crecimiento de plantas forrajeras, siempre que el espaciamiento sea correcto y el manejo apropiado, y además proporciona sombra a los animales.

Si se practica un aclareo al bosque, los beneficios se amplían y se reducen los costos de establecimiento y mantenimiento, sobre todo en el control de malas hierbas y prevención de incendios, además de la posibilidad de adelantar ingresos con la venta de animales aún antes de la primera rotación. Beneficios adicionales se obtienen con la distribución de estiércol y con el uso de leguminosas forrajeras fijadoras de nitrógeno, que pueden mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo.

Sobre la influencia de la sombra en los animales, Klusmann (1988) menciona que la reducción del calor: amplía la estación del pastoreo; aumenta las ganancias de peso, y la producción de leche y de lana; mejora la reproducción a causa de una pubertad más precoz, un alargamiento de la vida productiva, una menor pérdida embrionaria, calores más regulares y menos machos necesarios para la monta; mejora la tasa de supervivencia de los terneros debido a una mejora de la calidad de vida de las madres, partos más fáciles, mayor producción de leche y un aumento probable de la resistencia a las enfermedades.

Todo esos efectos de la sombra resultan probablemente de la mejora del microclima con temperatura y humedad del aire y el suelo más favorables (Castro, 1996).

Estas ventajas probablemente favorecieron la crianza frecuente de animales bajo el eucalipto, tal como puede observarse alrededor de los asentamientos y en praderas del centro-sur de Brasil (Lima, 1993).

Con la divulgación apropiada del potencial de la agroforestería para las fincas, quizás sea factible una planificación de intervenciones que permitan mayores beneficios como los obtenidos con los cercos vivos, las barreras contra el viento, con la sombra, la conservación de la tierra y del

agua, la producción de madera y leña, la protección de los animales durante tiempos malos, y otros (Lima, 1993).

SISTEMAS SILVOPASTORILES Y AGROSILVOPASTORILES CON EUCALIPTO

Desde el punto de vista histórico, es probable que las primeras experiencias con la crianza de animales bajo eucalipto en Brasil, ha sido mencionadas por Andrade (1918). En ese caso, lo que originó la iniciativa del consorcio, fue la preocupación en controlar incendios durante la sequía, situación empeorada por el aumento del material potencialmente combustible de la vegetación baja nativa o de plantas invasoras como el pasto «capim-gordura» (*Melinis minutiflora*). Con el pasar del tiempo este pasto dominó incluso los bosques con 15 años de edad.

Se inició con el pastoreo de ovejas pero los resultados fueron negativos debido a la poca adaptación de las razas usadas (Andrade, 1961). Poco después, los autores probaron bovinos, que fueron muy atacados por gusanos, comunes en la crianza de esos animales bajo los árboles, según el autor. Finalmente, la crianza de equinos tuvo éxito. Se encontró que cada yegua necesitaba de 2,5ha para su alimentación, con la ventaja que su costo de adquisición y mantenimiento fue un poco inferior al costo de limpieza de la misma área. Además, en esta práctica el material seco quedaba en el suelo y el riesgo de incendios era grande, mientras los animales lograron un control la poda natural y distribuyeron estiércol en el área. La inconveniencia fue la necesidad de descompactar el suelo después de la retirada de los animales.

La compactación del suelo es quizás una de las principales preocupaciones de los investigadores en los Sistemas Agroforestales (SAF), porque es la crítica más grande al sistema silvipastoral. Sin embargo, la compactación depende del número de animales por unidad de área (carga animal), de su edad y del tipo de suelo. Adams (1975) hizo amplia revisión del tema y concluyó que la mayoría de las veces la compactación es dañina a los suelos del bosque y afecta su conservación, en perjuicio al crecimiento de los árboles. Varios trabajos lo demuestran, como se discutirá adelante, aunque hay también otros que indican lo contrario.

La compactación debido al tránsito de los animales causa una disminución en la cantidad de macroporos, reduciendo la infiltración de

agua y el crecimiento radicular, y aumentando la actividad de los microorganismos denitrificadores, y reduciendo la disponibilidad de N. El resultado neto de todo esto es el efecto adverso en el crecimiento de los árboles, lo que dificulta el establecimiento de los sistemas silvopastoriles (Myhr *et al.*, 1990; German y Jacques, 1990; Wolkowski, 1990; Ferrero, 1991; citados por Bezkorowajnyj *et al.*, 1993).

En el distrito municipal de Bocaina, Estado de São Paulo, Schreiner (1988) probó la viabilidad de un sistema silvipastoral, en suelos de arena cuarzosa, bajo un bosque de *Eucalyptus grandis* con espaciamiento de 3 x 2m y 13 meses plantado al principio del experimento. La especie forrajera fue braquiaria (*Brachiaria decumbens*). El ganado permaneció pastoreando durante un año, y el resultado principal fue que no hubo efecto del pisoteo en las características físicas del suelo. Resultados semejantes fueron obtenidos por Couto *et al.* (1988) en Dionísio, Estado de Minas Gerais, con ganado bovino pastoreando bajo *E. urophylla*.

Sin embargo, hay situaciones en las cuáles las respuestas son contrarias. Para un suelo también de estructura arenosa, aunque bajo régimen climático diferente (en Ontario, USA), donde pocos animales pastorearon por periodos cortos durante menos de seis meses, y el efecto de la compactación se evaluó sobre la regeneración de varias especies de árboles (Bezkorowajnyj *et al.*, 1993). El autor encontró que el aumento de la compactación, sobre todo al final de la estación de crecimiento (septiembre y octubre), era responsable por la disminución en la infiltración de agua a través del perfil del suelo, produciendo una anaerobiosis temporal y la desnitrificación subsecuente de nitratos disponibles en el suelo. Como consecuencia, la limitación de nitrógeno producía la reducción del crecimiento de las plántulas de *Quercus rubra*, *Populus spp.*, *Picea abies* (Karst.), y *Pinus strobus*.

Usando bovinos y ovinos bajo *E. citriodora*, Couto *et al.* (1994) también registraron efectos negativos en la compactación del suelo, con el aumento del número de animales por unidad de área, sobre todo en la capa superficial, hasta 15cm de profundidad. Por otro lado, sus resultados también muestran claras ventajas del uso de ovinos para minimizar ese problema.

Las conclusiones de esos trabajos demuestran que los efectos de la presencia de animales pastoreando bajo eucaliptos, varían caso por caso, dependiendo del tipo de suelo y de animales, además del manejo.

Otra dificultad enfrentada por los productores de eucaliptos es la eliminación de las plantas invasoras. Su control es considerado crítico hasta el tiempo del cierre de las copas de los árboles, que ocurre al segundo año de plantado, hasta cuando se necesitan dos limpiezas anuales. El deshierbe se hace manual, mecánica o químicamente (Better *et al.*, 1991). Varias compañías en el Valle del Río Doce, Estado de Minas Gerais tienen dificultades con la competencia del pasto guinea (*Panicum maximum*) en la fase de implantación de los rodales, considerado en esas condiciones como mala hierba. Además del aumento del riesgo de incendios, exige el uso de trabajadores necesarios en otras tareas, impide el combate al hormigas cortadoras y aumenta el costo de exploración del bosque. A través de los sistemas silvopastoriles, se ha buscado la coexistencia entre el bosque y esa gramínea.

Considerando que la solución del problema tiene tres alternativas: deshierbe manual o mecanizado, herbicidas, y los sistemas silvopastoriles, Almeida (1991) trabajó en el tema. Las dos primeras alternativas fueron desechadas pronto, debido a las restricciones de mano de obra y al posible perjuicio ambiental, respectivamente. El autor trabajando bajo una plantación de *E. citriodora*, en el distrito municipal de Dionísio, Estado de Minas Gerais, dominado por pasto guinea, obtuvo los datos del Cuadro 1. Los árboles tenían 5 meses de plantados y una media de 2m de altura, mientras los bovinos tenían una edad de 12 meses y los ovinos una edad variada. El experimento duró hasta los 24 meses de edad del bosque. Los principales resultados obtenidos fueron: el porcentaje de árboles dañados no fue influenciado por la presencia de los animales; hubo compactación del suelo, solo evidente en las capas superficiales; ninguno de los tratamientos afectó el crecimiento del eucalipto, altura o diámetro; la asociación redujo el costo de establecimiento y mantenimiento del bosque.

En el misma región, Couto *et al.* (1994) trabajaron con las mismas especies del eucalipto y forraje, durante 24 meses, buscando evaluar el efecto del pastoreo de bovinos y ovinos en el crecimiento de los árboles, y en los costos del bosque, la compactación del suelo y la ganancia de peso de los animales. Se concluyó que no había efecto de los tratamientos en la supervivencia y crecimiento (altura y diámetro) de los eucaliptos; que los animales no eran responsables por los daños y perjuicios detectados en los árboles; que la reducción de los costos de establecimiento del bosque era

del 52 al 93%; que los animales pueden introducirse en el subosque después de los cuatro meses de plantados. Sus resultados también indican que los sistemas silvopastoriles pueden ayudar en el control de la competencia de las gramíneas.

En zona semiárida, en el nordeste brasileño, Ribaski *et al* (1993) trabajaron con ganado bovino bajo el *E. camaldulensis* con 8 años de plantado y los pastos *Urochloa mosambicensis*, bufel (*Cenchrus ciliaris*) y guinea (*P. maximum*). Los animales pastorearon dos veces por tres meses durante un año. Como resultado principal, los autores encontraron

Cuadro 1

Reducción del costo de establecimiento y mantenimiento del bosque de *E. citriodora*, y niveles de compactación de la tierra por tratamiento

Tratamientos	Reducción del costo (% sobre el testigo)	Resistencia del suelo a la penetración (kgf.cm ²)*
9 becerros	61	11,88 a
6 becerros	52	5,07 b
9 becerros, 10 ovejas	93	8,80 a
6 becerros, 10 ovejas	82	11,43 a
10 ovejas	61	3,93 b
Testigo	-	2,90 b

* promedios seguidos por la misma letra no difieren una del otro en la prueba de Scott-Knott, al 5%. Fuente: Almeida (1991).

que había un incremento volumétrico de 21% en el eucalipto del sistema silvopastoril, en relación al sistema convencional. A pesar que los resultados, de una manera general, son favorables a la asociación eucalipto-animales, el asunto de la compactación del suelo merece más investigación en los sistemas silvopastoriles, sea con eucalipto o no. Además de los problemas con erosión provocados por el compactación, las raíces finas que se encuentran en las capas superficiales del suelo pueden ser dañadas por el pisoteo constante (Schneider *et al.*, 1978).

Hay trabajos que demuestran la influencia de la compactación sobre la infiltración de agua en el suelo. Singh y Gupta (1990) demostraron que la infiltración en áreas de praderas puede ser 50% menor que en parcelas testigo, bajo los bosques de *Cedrus deodara* y *Pinus wallichiana*, en

India. Esa pérdida de la capacidad de infiltración se relacionó con la pérdida de la vegetación del subosque y de la capa orgánica, exponiendo al suelo, y con la disminución de la porosidad debido a la compactación, con aumento consecuente de la escorrentía. Eso significa posibilidades mayores de pérdida del suelo por erosión, y la necesidad de medidas extras de conservación de suelo.

Trabajando con pastoreo intensivo bajo el *C. deodara*, Singh *et al.* (1995) estimaron grandes pérdidas de suelo y nutrientes (Cuadro 2). Se encontró que la pérdida de suelo y potasio en las áreas con animales era siete veces más grandes que en las áreas cercadas, mientras que para fósforo, carbono orgánico y nitrógeno, las pérdidas eran de tres, cuatro y

Cuadro 2

Pérdidas (kg/ha) de suelo y nutrientes en área de pasto bajo *C. deodara*, en India

Pérdidas	Area de pasto	Area cercada
Suelo	1 265,96	185,00
Nitrógeno	2,40	0,44
Fósforo	0,30	0,09
Potasio	2,90	0,43
Carbono orgánico	217,70	51,78

Fuente: Singh *et al.*, 1995.

cinco veces mayores, respectivamente. Los datos son preocupantes, indicando la necesidad de establecer límites para la asociación entre los bosques y animales, para minimizar los impactos ambientales inherentes de esa actividad.

Otro asunto que merece la atención de la investigación es la tolerancia de las especies forrajeras a la sombra. Varios trabajos han sido realizados, probándose especies que mejor se adaptan a las condiciones del sotobosque. El uso de forrajes, sobre todo las leguminosas, no tiene como meta solo la alimentación de los animales, sino también la reducción de deshierbes, herbicidas y fertilizantes, y la mejora de la productividad del bosque debido a la fijación de nitrógeno, la producción de semillas y el aumento del biodiversidad (Couto, 1992; Almeida, 1995). A pesar de las diferencias de tolerancia de las gramíneas y leguminosas a diferentes niveles de la sombra en el sotobosque, de una manera general

la tendencia es hacia la reducción de la productividad. Macedo *et al.* (1996) encontraron que el pasto guinea (*P. maximum var. Tanzania*) sufre mucho con la sombra cercano a las árboles de eucalipto, descubriendo que el índice de cobertura del suelo varía de 0,50% a 1m de la línea de árboles, hasta 19% entre 4 y 6m de la línea. En términos de productividad, Givaldo *et al.* (1995) concluyeron que el simple incremento en la densidad de los árboles, de 74 a 96/ha, redujo en 50% el rendimiento del forraje en el verano en Colombia. Esta gramínea es, sin embargo, una de las más productivas en sombra moderada, junto con *Setaria sphacelata* (Castro, 1996).

En el Cuadro 3 se muestra una lista de especies forrajeras, clasificada por su tolerancia a la sombra. Todavía no parece ser lo último en el tema, teniendo en cuenta las muchas interacciones que determinan

Cuadro 3 - Tolerancia a la sombra de algunos gramíneas y leguminosas forrajeras

Tolerancia a la sombra	Gramíneas	Leguminosas
Alta	<i>Axonopus compressus</i> <i>Brachiaria miliiformis</i> <i>Ischaemum aristatum</i> <i>Ischaemum timorense</i> <i>Ottochloa nodosum</i> <i>Paspalum conjugatum</i> <i>Stenotaphrum secundatum</i>	<i>Calopogonium caeruleum</i> <i>Desmodium herephyllum</i> <i>Desmodium intortum</i> <i>Desmodium ovalifolium</i> <i>Flemingia congesta</i> <i>Mimosa pudica</i>
Media	<i>Brachiaria brizantha</i> <i>Brachiaria decumbens</i> <i>Brachiaria humidicola</i> <i>Imperata cylindrica</i> <i>Panicum maximum</i>	<i>Centrosema pubescens</i> <i>Desmodium canum</i> <i>Leucaena leucocephala</i> <i>Macroptilium axillare</i> <i>Neonotonia wightiis</i> <i>Pueraria phaseoloides</i> <i>Vigna luleola</i>
Baja	<i>Brachiaria mutica</i> <i>Digitaria decumbens</i>	<i>Calopogonium mucunoides</i> <i>Macroptilium atropurpureum</i> <i>Stylosanthes guianensis</i>

Fuente: Shelton *et al* (1987).

la tolerancia de una especie a la sombra. Sin embargo, de una manera general se puede decir que la productividad de las leguminosas tiende a ser menos afectada por el nivel bajo de luz que las gramíneas (Ludlow *et*

al, 1974). Por otro lado, también se ha demostrado que con deficiencia de nitrógeno y bajo sombra moderada, es posible que mejoren los parámetros de la producción y calidad de las gramíneas, respecto a condiciones con mayor luminosidad (Eriksen y Whitney, 1981).

El uso de especies de crecimiento rastrero, presenta la ventaja de cubrir mejor el suelo, protegiéndolo contra la erosión. Aun así, se han desarrollado experimentos con especies arbustivas, como el guandul (*Cajanus cajan*), que presenta otro tipo de ventaja: tiene un ciclo de vida corto, de 2,5 años aproximadamente, (García y Couto, 1991) sin problemas de erradicación. Con eucalipto, algunos resultados pueden presentarse, principalmente para el Estado de Minas Gerais, donde se concentran la mayoría de los trabajos, debido a los esfuerzos de los investigadores del Universidad Federal de Viçosa (UFV), en particular de las áreas de Agroforestería del Curso de Posgrado en Ciencia Forestal, y de Forrajes y Pastos del Curso de Posgrado en Zootecnia, junto con los productores de eucaliptos.

Buscando evaluar el efecto de algunos forrajes (*C. mucunoides* Desv., *C. cajan*, *M. minutiflora*, *B. brizantha*, *P. maximum*, *Andropogon gayanus*) en el crecimiento de *E. clöziana*, Santos(1990) realizó un experimento en el distrito Municipal de Montes Claros, Estado de Minas Gerais, con eucaliptos, espaciando 3 x 1,5m, de dos años de edad. Los forrajes fueron sembrados entonces y se tomaron datos por un año. Sus conclusiones principales fueron: no se encontró daño ni perjuicios los árboles debido a la asociación; los forrajes *P. maximum* + *C. cajan* presentaron valores mayores de materia verde y seca; la producción de materia verde y seca en las asociaciones con *P. maximum*, *M. minutiflora*, *B. brizantha* fue considerada satisfactoria.

García *et al.* (1993, 1994), probando la asociación entre *E. grandis*, *B. decumbens* y *M. minutiflora*, en varios marcos de siembra de los árboles hasta dos a tres años de edad, en la Zona de la Mata del Estado de Minas Gerais, concluyeron que: el marco más adaptado para la asociación fue de 6 x 2m, pero podría ser de 4 x 2m ó de 5 x 2m para el caso del *B. decumbens* que se mostró poco exigente en luz en comparación con *M. minutiflora*. En el período en que transcurrió el experimento, el crecimiento del eucalipto no fue afectado por la asociación.

En la asociación con árboles es común preguntarse sobre la época adecuada para sembrar los forrajes. Couto y Medeiros (1993)

respondieron a esta pregunta para *E. grandis* con *B. decumbens*. Ellos concluyeron que el eucalipto no tolera la coexistencia con esa forrajera desde su plantación, necesitando control por lo menos hasta aproximadamente los 120 días de plantado. La coexistencia no afectó el crecimiento en altura, pero sí la materia seca de hojas y ramas, además del diámetro y la materia seca del tallo. Se ha observado ese efecto negativo de la asociación de forrajes en el crecimiento del eucalipto tanto con gramíneas como con leguminosas, en la fase inicial del sistema, todavía faltando las confirmaciones de esa reducción al final de la rotación. Cuando el forraje es una leguminosa que causa problemas al crecimiento inicial del eucalipto, hay opiniones que con el pasar del tiempo esos efectos negativos se revierten, compensados por la fijación de nitrógeno y mejora en el reciclaje de nutrientes (Ferreira Neto, 1994).

En investigaciones realizadas en la zona de sabana de Minas Gerais, se descubrió que leguminosas que produjeron una cantidad más grande de materia verde y que cubren mejor el suelo, como es el caso de *C. mucunoides* y *C. cajan*, perjudican el crecimiento, la altura y diámetro, de *E. grandis*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. clöziana* y *E. urophylla*. Eso probablemente pasó debido a la competencia por nutrientes y agua, porque estos forrajes presentan sistemas de raíces profundos y ramificados (Ferreira Neto, 1994; Almeida, 1995). Sin embargo, cuando los componentes fueron *Crotalaria juncea* y *Desmodium heterophyllum*, hubo una tendencia al aumento de la producción de biomasa de la parte aérea y en la supervivencia del eucalipto (Almeida, 1995).

El trabajo de Upadhyaya (1996) refuerza la necesidad de considerar los niveles de penetración en el suelo del sistema radicular de la especie asociada. En observaciones hechas en asociaciones entre seis especies de árboles y especies forrajeras nativas de India, el autor verificó que la producción total de masa del sotobosque era diez veces superior bajo *Prosopis cineraria* que con *E. camaldulensis*. Al excavar el suelo para estudiar el sistema de raíces, notó que las raíces del eucalipto se llegaron hasta 1,8m de profundidad, con 80% de ellas concentradas en los primeros 0,70m, donde también se encontraron el raíces de la vegetación nativa. Mientras para la *P. cineraria*, la profundidad era de 3,0 m, sin la concentración superficial.

Hasta ahora nosotros sólo hablamos de los sistemas silvopastoriles. Sin embargo, se han estudiado y usado en Brasil, algunos modelos de

sistemas agrosilvopastoriles con eucalipto. Este tipo de SAF no era preferido por los investigadores en Brasil sino hasta recientemente. Sin embargo, además de las ventajas generales común a todo SAF, el sistema agrosilvopastoril potencializa el lado económico, ambiental y de uso de recursos naturales y de insumos.

Esas características lo vuelven particularmente importante para los productores del tan mal visto eucalipto, porque: presenta una biodiversidad mayor en el tiempo; propicia el uso mejor de los recursos edáficos, a nivel horizontal y vertical; los insumos aplicados puede ser más eficientemente utilizados por el bosque, cultivos y animales. Además, del punto de vista económico, el productor puede obtener ingresos anticipados importantes por medio de los aclareos (Pottier, 1984), y posible superávit a lo largo del ciclo de las rotaciones programadas para los árboles.

Las ventajas económicas de esa modalidad de SAF pueden motivar a los productores rurales al cultivo de árboles de especies nativas, de crecimiento lento, con madera de superior calidad. Se diluyen los costos de establecimiento de los árboles y los agrosilvicultores prácticamente se «olvidan» de los árboles, y solo se acuerdan de ellos cuando están en punto de la cosecha.

Los ejemplos con eucalipto son raros. Marques (1990) evaluó el crecimiento y desarrollo del paricá (*Schizolobium amazonicum*), tatajuba (*Bagassa guianensis*) y eucalipto (*E. tereticornis*), hasta 36 meses, en asociación con maíz y pasto marandu en Paragominas. Los árboles eran cultivados en líneas triples de 3 x 3m, distanciados 12m unos de los otros. Sus resultados y conclusiones para los tratamientos con eucalipto fueron:

- no hubo diferencia en la supervivencia, altura y diámetro del eucalipto, entre el monocultivo y asociación.
- hubo ganancias de más de 110% en materia seca total y de 59% de materia seca del madera de eucalipto en la asociación, debido al uso de los residuos de fertilizantes aplicados en el maíz.
- la productividad de maíz bajo eucalipto fue de 1 086, 738 y 335 kg/ha, respectivamente para los 1, 2 y 3 años. Aunque esta fue baja, redujo los gastos de la plantación y mantenimiento de los árboles en el primer y segundo año, en 21% y 64%.

- la productividad de materia seca del pasto marandu, doce meses después del sembra, fue de 9 029 kg/ha, valor que se encontró dentro de los parámetros regionales.
- las ganancias con maíz en el año 3 indican que debe adelantarse la sembra del pasto marandu al año 2, y los animales deben introducirse al año siguiente.

Otro sistema interesante, usado por la CMM, en el distrito municipal de Vazantes, Estado de Minas Gerais, y por ella denominado sistema agrosilvipastoril rotativo, ha presentado buenos resultados (Oliveira y Macedo, 1996). La tecnología consiste en el cultivo en serie de arroz y soya hasta el segundo año, entre el eucalipto plantado 10 x 4m. Después la asociación se puede hacer de varias maneras:

- Tercer año: establecimiento de praderas, asociadas a la plantación y cultivos de arroz, soja, maíz, sorgo, frijol, o aún maíz y frijol. Buscando disminuir los efectos de la competencia del eucalipto con los cultivos agrícolas y para aumentar el valor a los árboles, se les podan las ramas hasta la altura de 2,40m;
- Cuarto año: en los módulos con praderas se manejan animales para engorda; en otros, pueden repetirse los cultivos agrícolas del tercer año, siguiendo una rotación de cultivos
- Quinto año: el manejo continúa con animales en módulos de praderas, formándose otras con el arroz y gramíneas forrajeras (denominado sistema Barreirão);
- Empezando del sexto año: opción de aclareo selectivo de los árboles buscando reducción la competencia y ingresos anticipados; podar las ramas hasta 7m de altura; el mantenimiento de las praderas cada trienio; comercialización anual de animales; previsión de corte final, renovación del bosque y de las praderas a partir del año 11.

Complementando el sistema, Oliveira y Macedo (1996) mencionan que se mantiene la distancia mínima de un metro entre líneas del eucalipto, para facilitar el cultivo y reducir la competencia, y para los cercos de cada módulo de 200ha se usan los propios árboles como postes. Los autores concluyeron que el sistema usado por CMM es económicamente viable,

con base en los indicativos Valor Presente Líquido (VPL), Razón Beneficio/Costo (B/C) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

Oliveira y Macedo (1996) también comprobaron que el sistema es bastante sensible a la elevación de costos. En las simulaciones que lograron en aquel momento, con un aumento de 15% el sistema no sería viable. Todos los resultados mostrados hasta aquí están específicamente relacionados con la producción de madera. Sin embargo, es posible el manejo silvipastoril con otros objetivos, como la producción de aceite esencial, o de aceite y madera para energía. Lima (1993) se refiere a esas actividades en Distrito de Barra Bonita, Estado de São Paulo, usando el ganado bovino y producción de aceite de *E. globulus*, *E. staigeriana* e *E. citriodora*, obteniendo éxito.

LOS SAF CON EUCALIPTO Y LOS PROGRAMAS DE FOMENTO FORESTAL

La elevación del precio de las tierras localizadas en las áreas de influencia de las grandes compañías consumidoras de madera del eucalipto, así como algunas restricciones impuestas por legislaciones forestales, sea municipales, estatales o federales, estimularon a que estas compañías y los órganos gubernamentales empezaran programas de fomento forestal para aumentar el suministro de materia prima (Couto y Mejora, 1995).

En la actualidad, gran parte de las compañías forestales brasileñas tienen ese tipo de programas, en el que los arbolitos de eucalipto, los insumos y los recursos para la instalación y mantenimiento de los cultivos son proporcionados a productores rurales establecidos en un cierto radio económico. En compensación el productor rural asume el compromiso de venta de la madera a la compañía al final de la rotación, que dura siete años en general, a precios del mercado, guardando lo necesario para su propio consumo.

Por medio de esos programas de fomento forestal, las compañías intentan convertir a los productores rurales en sus compañeros en la actividad de producción de madera, qué resulta en beneficios para las dos partes y para la sociedad. Actualmente, programas de fomento existen en varias regiones y estados de Brasil y se destacan: Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Río Grande del Sur y Bahía. Por otro lado, al inicio del fomento de eucalipto, hubo algunas dudas con relación a la substitución de áreas dedicada a la agricultura y la crianza de animales en plantaciones

del eucalipto. En este caso, podría haber una reducción de la producción de alimentos en función del aumento de la producción de madera por parte de los productores rurales. Fue observado, sin embargo, con el pasar de los años, que el productor rural asigna, a la reforestación con arbolitos del programa de fomento, las áreas menos favorecidas de su propiedad, y no las áreas ocupadas anualmente para cultivos agrícolas y praderas cultivadas. Sin embargo, esa duda despertó en la Universidad Federal de Viçosa - UFV (Minas Gerais), empezando de la década de los 80, el interés en la enseñanza y en las investigaciones con SAF al nivel de Posgrado. El objetivo principal fue el estudio de una serie de SAF que involucran eucaliptos, proporcionando subsidios principalmente para los programas de fomento forestal. La mayoría del trabajo se desarrolló con el apoyo de la UFV, del Concilio Nacional de Desarrollo Tecnológico y Científico (CNPq) y de las compañías asociadas a la Sociedad de Investigaciones Forestales (SIF). Los resultados alcanzados hasta el presente han estado indicando que los SAF parecen ser una alternativa de uso del suelo que puede integrar la producción agrícola, la crianza de animales y la producción forestal, ayudando, por consiguiente, a suplir la demanda de producción de madera y de alimentos, sin conflictos (Couto y Betters, 1995).

El programa de investigaciones fue un logro que estimuló la creación, en Divinópolis, Minas Gerais, de un programa de fomento agroforestal de la Pains Forestal. El programa empezó con la creación de un Centro de Investigación en SAF cuyo objetivo es el desarrollo de tecnologías para los productores participantes de los programas de fomento forestal de la compañía. El área del Centro de Investigaciones es de 200ha aproximadamente. Los resultados demuestran gran ventaja de los sistemas probados, en términos de productividad y la rentabilidad económica (Franco, 1994).

ALGUNAS CONSIDERACIONES FINALES

Algunas preguntas deben ser mejor atendidas por los investigadores: la capacidad de carga del sistema; el espaciamiento adecuado de los árboles; el efecto de la edad de los árboles sobre la producción de los forrajes; la determinación de especies forrajeras; la influencia del clima; la selección de especies forrajeras y árboles más eficaces en el uso de la luz y en el

consumo de agua y nutrientes; la selección de forrajes resistentes a la competencia por el agua; el posible efecto de aleloquímicos de los árboles; la influencia de la dirección de las líneas de árboles sobre el sotobosque. Así los sistemas silvopastoriles se volverían más confiables, con posibilidades de uso en el país entero con garantía de éxito y opciones variadas de asociaciones.

Esa escasez relativa de información no significa que las prácticas silvopastoriles no deben practicarse inmediatamente. Las experiencias realizadas, sobre todo en los Estados de Minas Gerais y São Paulo lograron éxito, y han ido de la teoría a la práctica. El fomento forestal es una opción interesante para mantener el equilibrio entre la necesidad de producir alimentos y madera. Es un asunto que merece una mayor atención por parte de los gobiernos e investigadores, teniendo en cuenta que, a pesar de sus inconvenientes, en Brasil, el cultivo del eucalipto no tiene todavía suplente.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, S.N. 1975. Sheep and cattle grazing in forests: a review. *The Journal of Applied Ecology*, Oxford, 12(1):143-152.
- Almeida, J.C.C. 1991. *Comportamento do Eucalyptus citriodora Hooker, em áreas pastejadas por bovinos e ovinos no Vale do Rio Doce, Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1991. 44p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- Almeida, N.O. 1995. *Crescimento inicial de eucaliptos consorciados com leguminosas na região de cerrado em Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1995. 105p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- Andrade, E.N. 1961. *O eucalipto*. 2ed. São Paulo:Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 688p.
- Andrade, E.N. & Vecchi, O. 1918. *Os eucalyptos. Sua cultura e exploração*. Typografia Brazil: São Paulo, 228 p.
- Betters, D.R., Wright, L.L. & Couto, L. 1991. Short rotation woody crop plantation in Brazil and the United States. *Biomass and Bioenergy*, UK, 1(6):305-316.
- Bezkorowajnyj, P.G., Gordon, A.M. & McBride, R.A. 1993. The effect of cattle foot traffic on soil compaction in a silvo-pastoral system. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, 21(1):1-10.
- Castro, C.R.T. 1996. *Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento*. Viçosa: UFV, 1996. 247p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.
- Couto, L. 1992. *O estado da arte e do conhecimento dos sistemas agroflorestais com eucaliptos em Minas Gerais*. Viçosa, UFV, 19p. (DEF, Apostilado, Trabalho apresentado no concurso para Prof. Titular).
- Couto, L. & Betters, D.R. 1995. *Short-rotation eucalypt plantations in Brazil: social and environmental issues*. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory/U.S. Department of Energy, 34 p.
- Couto, L., Garcia, R., Barros, N.F. & Gomes, J.M.G. 1988. *Redução do custo de reflorestamento no Vale do Rio Doce em Minas Gerais por meio da utilização de sistemas silvipastoris: gado bovino em eucaliptal a ser explorado*. Belo Horizonte: EPAMIG, 28p. (EPAMIG, Boletim Técnico, 26).
- Couto, L. & Medeiros, A.G.B. 1993. Efeito do período de controle de convivência da braquiária no estabelecimento da cultura do eucalipto. In: *Congresso Florestal Brasileiro*, 7. Curitiba. Anais. Curitiba, SBF/SBEF, 1:277-280.
- Couto, L., Roath, R.L., Betters, D.R., Garcia, R., & Almeida, J.C.C. 1994. Cattle and sheep in eucalypt plantations: a silvipastoral alternative in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, Dordrecht, 28:173-185.
- Eriksen, F. & Whitney, S. 1981. Effect of light intensity on growth of some tropical forage species. I-Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. *Agronomy Journal* 73(3):427-433.

- Ferreira Neto, P.S.** 1994. *Comportamento inicial do Eucalyptus grandis W.Hill ex. Maiden em plantio consorciado com leguminosas na região do médio Rio Doce, Minas Gerais*. Viçosa: UFV, 1994. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- Franco, F.S.** 1994. *Estágio realizado em agrossilvicultura na Pains Florestal*. DEF/UFV, Viçosa, 25 p. (Relatório)
- Garcia, N.C.P., Reis, G.G., Salgado, L.T. & Freitas, R.T.F.** 1994. Consórcio do *Eucalyptus grandis* com gramíneas forrageiras em área de encosta na Zona da Mata de Minas Gerais. In: *Congresso Brasileiro Sobre Sistemas Agroflorestais*, 1, 1994. Porto Velho. Anais... Colombo, EMBRAPA-CNPQ. 2:113-120.
- Garcia, N.C.P., Salgado, L.T., Reis, G.G. & Freitas, R.T.F.** 1993. Consorciação do eucalipto com gramínea forrageira na Zona da Mata de Minas Gerais, com aplicação de gesso. In: *Congresso Florestal Brasileiro*, 7, 1993. Curitiba. Anais... Curitiba, SBF/SBEF, 1:274-277.
- Garcia, R. & Couto, L.** 1992. Sistemas silvipastoris - experiências no Estado de Minas Gerais. In: *Encontro Brasileiro De Economia E Planejamento Florestal*, 2, 1991, Curitiba. Anais. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1:268-269.
- Givaldo V., L.A., Botero, J., Saldarriaga, J., & David, P.** 1995. Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de un sistema silvipastoril natural, en la región atlántica de Colombia. *Agroforesteria en las Américas*, Turrialba, 2(8):14-19.
- Klusmann, C.K.** 1988. Trees and shrubs for animal production in tropical and subtropical areas. *Plant Research Development*, Tübingen, 27:92-104.
- Lima, W.P.** 1993. *Impacto ambiental do eucalipto*. 2ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 302p.
- Ludlow, M.M., Wilson, G.L. & Heslehurs, M.R.** 1974. Studies on the productivity of tropical pasture plants. V-Effect of shading on growth, photosynthesis and respiration in two grasses and two legumes. *Australian J. of Agricultural Research*, Melbourne, 25(3):425-433.
- Macedo, R.L.G., Gomes, L.J. & Silveira, V.P.** 1996. Influência do *Eucalyptus urophylla* sobre o estabelecimento inicial do capim tanzânia (*Panicum maximum* var. Tanzânia) em sistema silvo pastoril. In: *Simpósio Internacional Sobre Ecossistemas Florestais*, 4, 1996, Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: Biosfera, p30-3.
- Marques, L.T.M.** 1990. *Comportamento inicial de paricá, tatajuba e eucalipto, em plantio consorciado com milho e capim-marandu, em Paragominas, Pará*. Viçosa: UFV, 1990. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- Oliveira, A.D. & Macedo, R.L.G.** 1996. *Sistemas agroflorestais: considerações técnicas e econômicas*. CMM: Vazantes, 32p. (Projeto de consultoria).
- Pottier, D.** 1984. Ganadería bajo los árboles: un experimento agrosilvícola. *Unasylva*, Roma, 36(143):23-27.
- Ribaski, J., Oliveira, M.C. & Cruz, S.C.** 1993. Avaliação de um sistema silvipastoril em região semi-árida, envolvendo a consorciação de eucalipto com pastagem. In: *Congresso Florestal Brasileiro*, 7, Curitiba. Anais. Curitiba: SBS/SBEF, p268-269.
- Santos, L.C.S.** 1990. *Comportamento do Eucalyptus cloëziana F. Muell em plantio consorciado com forrageiras, na região do cerrado, em Montes Claros, Minas Gerais*.

- Viçosa: UFV, 1990. 83p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.
- Schneider, P.R., Galvão, R. & Longhi, S.J.** 1978. Influência do pisoteio de bovinos em áreas florestais. *Floresta*, Curitiba, 9(1):19-23.
- Schreiner, H.G.** 1988. Viabilidade de um sistema silvipastoril em solos de areia quartzosa no Estado de São Paulo. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Curitiba, 17:33-38.
- Shelton, H.M.; Humphreys, L.R. & Batello, C.** 1987. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific performance and prospect. *Tropical Grasslands*, 21(4):159-168.
- Singh, R.P., Bahar, N. & Negi, D.V.** 1995. Impact of grazing on soil erosion in forest ecosystems. *The Indian Forester*, Dehra Dun, 121(8):717-720.
- Singh, R.P. & Gupta, M.K.** 1990. Impact of grazing on infiltration in forest ecosystems. *Journal of Tree Sciences*, Nagar, 9(2):82-85.
- Upadhyaya, A.K.** 1996. Tree growth and forage production in block and canalside plantations of I.G.N.P. Stage-II. *The Indian Forester*, Dehra Dun, 122(2):117-121.

Agroforestería para la producción animal en Guatemala

Rodrigo Arias

Fondo Nacional para la Paz, Ciudad de Guatemala, Guatemala

SUMMARY

The article describes the traditional uses of woody plants in livestock systems in Guatemala. Some management practices include: trees for shade, harvesting foliage in forests and forest remains, live fences, etc. It mentions the main forage trees and shrubs species and also describes, chronologically, the results of the investigation on the use of woody plants in livestock production systems. The author gives some information related to tree species including data on nutritive value and he describes an agroforestry unit for goats. Finally the article enumerates the main constrain factors for the transfer of technology of agroforestry systems for animal production.

USOS TRADICIONALES DE LEÑOSAS EN SISTEMAS GANADEROS

La utilización de árboles en los sistemas de producción animal no es una práctica nueva en Guatemala. A pesar de que el sistema tradicional para el establecimiento de pastos «mejorados» conlleva a la destrucción de la mayoría de árboles para que el pasto crezca a plena luz, en algunas regiones; los ganaderos dejan árboles en los potreros porque saben de su uso y beneficios múltiples. Entre estos pueden mencionarse, sombra para los animales, postes para cercos, leña, productos maderables y forrajes.

Por otra parte, el uso del follaje arbóreo en la alimentación animal, también ha sido del dominio de los agricultores, quienes en forma ancestral han venido aprovechando este recurso. Algunos ejemplos pueden citarse. Tal vez de ellos uno relevante es en el departamento de San Marcos, en donde en localidades como La Grandeza y San Andrés

Chapil, algunos productores recurren al bosque para obtener forraje de árboles para alimentar a sus vacas y en ocasiones también ovejas. Asimismo, los agricultores también han establecido cercos vivos para la obtención de este follaje. Entre las especies utilizadas pueden citarse en palo de pito (*Erythrina spp.*), el Engorda ganado (*Bohemeria sp.*), el Sauco (*Sambucus canadensis* y *S. mexicana*), entre otras.

En la región del Suroriente es de conocimiento popular que, durante la época seca cuando escasean los pastos, los animales utilizan el forraje de algunos árboles como el Caulote (*Guazuma ulmifolia*). Incluso en algunas fincas durante los meses más secos como marzo y abril, se dispone de áreas denominadas «montaña» donde los animales son llevados para aprovechar el forraje de arbustos y árboles. Dichas áreas son remanentes de bosque latifoliado que precisamente por su condición de bosque, permiten la conservación de la humedad en el suelo lo que favorece el crecimiento de diferente plantas en el sotobosque.

En el departamento de El Petén, destaca el árbol de Ramón (*Brosimum alicastrum*), cuyo follaje ha sido indispensable para la alimentación del ganado mular que se utiliza para la explotación del chicle.

INVESTIGACIÓN SOBRE LEÑOSAS EN SISTEMAS GANADEROS

Las primeras investigaciones; documentadas sobre la utilización de árboles en sistemas ganaderos en Guatemala son relativamente recientes. Es a finales de los 70s y principios de los 80s, cuando a través de un proyecto de investigación en sistemas mixtos de producción para pequeñas fincas, ubicados en el parcelamiento Nueva Concepción y conducido por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) con el apoyo del CATIE, que se hacen los primeros experimentos.

Los trabajos realizados durante dicho proyecto básicamente persiguieron seleccionar un árbol que tuviera como características de producir forraje de alto nivel proteico y leña para la cocina. El sistema agroforestal propuesto fue el del banco forrajero, ya que lo prioritario era obtener alimento de buena calidad para la época seca. Se investigaron algunas especies tanto a nivel agronómico como a nivel de la respuesta animal, entre ellas; Leucaena (*L. leucocephala*), caulote (*Guazuma ulmifolia*) y Madre de Cacao (*Gliricidia sepium*). La Leucaena como la

K-8 y una nativa de Guatemala de la región oriental. Aparentemente no se encontraron diferencias importantes entre los materiales, por lo que se optó por trabajar con la *Leucaena* local de tipo arbustivo.

Por otra parte, Méndez (1984) estudió algunos forrajes utilizados en forma tradicional en el Altiplano Occidental. Dicho estudio sirvió de base para conocer el enorme potencial que presentan muchas plantas que crecen en forma silvestre en áreas de sotobosque, incluyendo a los árboles.

A partir del año 1986, el programa de producción animal de ICTA con sede en el Altiplano Occidental (Quetzaltenango, San Marcos y Huehuetenango) continuó con mayor énfasis en trabajo iniciado por Méndez. En total se identificaron 95 plantas con potencial forrajero, la mayoría de ellas leñosas. Esta investigación reporta que la forma de uso más común es por medio de corte y acarreo. De acuerdo a la información obtenida los árboles se distribuyen principalmente en áreas de sotobosque o son plantados en cercos vivos. Entre las especies que sobresalieron por su contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (Cuadro 1) están el Sauco amarillo (*Sambucus canadiensis*), Chilca (*bacharis salicifolia*), Sauco negro (*Sambucus mexicana*), Engorda ganado (*Bohemeria* sp.).

Cuadro 1

Contenido de materias seca (MS), proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* (DIVMS) y pared celular (PCEL) de hojas y tallos tiernos de leñosas forrajeras en el Altiplano Occidental.

NOMBRE COMUN	MS %	PC %	DIVMS	PCEL
<i>Sambucus canadiensis</i>	16,0	25,8	73,7	32,6
<i>Bacharis salicifolia</i>	26,5	23,4	71,5	33,3
<i>Sambucus mexicana</i>	17,9	25,0	69,8	30,7
<i>Bohemeria</i> sp.	18,0	24,8	66,3	28,9
<i>Buddleia</i>	29,0	17,1	55,9	51,8
<i>Verbesina apleura</i>	19,1	24,4	50,6	49,2

Posteriormente, también en la región del Altiplano Occidental; se llevaron a cabo algunos trabajos de respuesta animal principalmente con los Saucos. Marroquín (1989), estudió el nivel de consumo del forraje de Sauco Negro (*S. mexicana*) en cabras estabuladas. Villanueva (1993)

evaluó el efecto de la suplementación con Sauco negro a una dieta de rastrojo de maíz sobre la ganancia de peso en cabritos. Asimismo, Orozco y colaboradores (1995) estudiaron el efecto de la suplementación con Sauco amarillo sobre el consumo de rastrojo de maíz y el aumento de peso en corderos estabulados.

Todos los trabajos realizados en las dos especies de Sauco hasta la fecha, han puesto de manifiesto algunas limitaciones en la utilización de este forraje por caprinos. En primer lugar los niveles de consumo al utilizar el Sauco tanto como dieta indica así como suplemento, no han superado el 3% (en relación a base seca) del peso vivo de los animales. Asimismo, las ganancias de peso que se han obtenido tanto en bovinos como en caprinos han sido bajas (12-40g/d). Sin embargo, hay que indicar que a la fecha no se han evaluado raciones balanceadas lo que puede haber sido una limitante en las ganancias alcanzadas.

Otras especies como el aliso, el Copal y el Chompipe (no se han clasificado) han sido evaluadas al menos en su aceptación por parte de rumiantes. Sin embargo, los resultados que se tienen al día de hoy no son concluyentes para recomendar su incorporación en un sistema agroforestal.

También el programa de Especies Menores de ICTA, ha realizado algunas evaluaciones agronómicas con leñosas forrajeras. Se han medido variables como métodos de propagación, producción de biomasa y calidad de la misma dependiendo de diferentes frecuencias o alturas de poda.

Producto de las investigaciones realizadas en diferentes componentes; especialmente de alimentación (con énfasis en leñosas forrajeras), animales e instalaciones, el ICTA propuso un módulo agroforestal con cabras lecheras. Dicho módulo presenta las siguientes características:

- Establecimiento de leñosas forrajeras en cercos vivos, barreras vivas o si es posible en banco forrajero. Entre las especies que se han recomendado están el palo de pito o Miche, soloj (*Dalia imperialis*), Sauco amarillo (*S. canadensis*), Sauco negro (*S. mexicana*), Morena (*Morus sp.*), entre otras.
- Establecimiento de pastos de corte en barreras vivas o en bloques compactos. Entre las especiales que se pueden utilizar dependiendo

de las condiciones edafolímicas están: Napier, Setaria, Dactylo, Festuca y Avena.

- Animales: Dos cabras lecheras de raza pura o con lato encaste de alto valor genético.
- Alojamiento: Cabreriza techada con piso enrejado y con comederos tipo cepo para facilitar el suministro de forrajes. 4m² para las cabras y 1m² para los cabritos. Las cabras permanecerán todo el tiempo estabuladas.

El módulo antes referido fue validado (1991-1993) por ICTA con 7 productores ubicados en el Altiplano Occidental. El número de módulos se incrementó por iniciativa de los productores a 28 para el año de 1994.

Luego de 14 años de haber iniciado investigaciones sobre la inclusión de un banco forrajero de *Leucaena leucocephala*, en el sistema de producción bovina, el programa de Bovinos del ICTA retomó el tema con mayor profundidad. El propósito fue identificar nuevas alternativas a la *Leucaena* inicialmente recomendada, ya que esta ha presentado susceptibilidad a algunas plagas entre ellas un psillide, el cual provoca que los árboles se defolien la salida del invierno.

El esfuerzo se ha dirigido a seleccionar leñosas con producción de forraje de alta calidad, así como rápido crecimiento. La Morera (*Morus sp.*) es una de las especies que en este sentido mostró gran potencial. Trabajos como los de Rodríguez y colaboradores (1989), Velázquez (1991), Blanco (1992) evidencian que el forraje de la Morera es alto en proteína y mejor aún, presenta valores arriba del 80% de DIVMS en las hojas, lo cual es muy difícil encontrar en un forraje tropical.

Trabajos conducidos en la estación experimental del ICTA; ubicada en Cuyuta, en el departamento de Escuintla en una zona de vida de bosque seco tropical, mostraron que es posible que durante la época seca novillos alimentados con dietas basales como ensilaje preferentemente de maíz o pastos de corte, suplementados con Morera a un nivel de 1,0% del peso vivo, puedan obtener una ganancia alrededor de los 400g/d.

La desventaja que presenta la Morera es que extrae altas cantidades de nutrientes del suelo, por lo que requiere el aporte continuo de los mismos. Entre las posibles soluciones a este problema están la utilización del estiércol de ganado o el establecimiento de cultivo en callejones de

Morera con una leguminosa arbórea o herbácea. En ambos casos se persigue un reciclaje de nutrientes que permita un sistema más sostenible. Las áreas plantadas con Morera en la Costa Sur (estación seca de 6 meses, suelos francos y profundos) de Guatemala y en otras áreas menos favorecidas con suelos de origen calcáreo como en el departamento de Petén (estación seca de 4 meses), han evidenciado la no sostenibilidad en la producción forrajera. Inicialmente en las primeras podas los resultados han sido buenos (4 t MS/ha por corte). Sin embargo, problemas de competencia con malezas, escasa producción de hojas, disminución en el tamaño de las mismas, son las características de las plantaciones luego de un manejo de 6 a 12 meses.

Adicionalmente, se evaluó el valor forrajero de diferentes especies y procedencias de *Leucaena*, *Gliricidia* y *Calliandra*. El germoplasma de éstas leguminosas arbóreas fue proporcionado por el Instituto Forestal de Oxford.

Entre las evaluaciones realizadas con estos materiales están la medición del crecimiento y producción de leña. Especies como la *L. leucocephala* sub. *Glabrata* y la *L. esculenta* sobresalen por las alturas y producción de biomasa alcanzadas a los 12 meses.

También durante dos años consecutivos se ha medido la aceptación que el ganado bovino (doble propósito) tiene por éstos árboles. Lo anterior ha permitido registrar índices de preferencias para los distintos materiales. Sobresalen especies como *L. collinsii*, *Gliricidia sepium* procedencia retalhulehu y *L. leucocephala* sub. *Glabrata*.

Otra investigación que en la actualidad se conduce en la parcela de Nueva Concepción de ICTA, es la posibilidad de asociar árboles con pastos en un sistema silvopastoril. Se están estudiando dos especies de árboles: *Gmelina arborea* y *L. leucocephala* sub. *Glabrata* con tres gramíneas de pastoreo: *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha* y *Brachiaria decumbens*. El espaciamiento inicial entre árboles fue de 3m al cuadro. La información inicial indica que la *Leucaena* por su tipo de copa permite el buen crecimiento de las tres gramíneas evaluadas. Sin embargo, esto no sucedió con la *Gmelina*, por lo que fue necesario abrir el espaciamiento a 6 x 6m.

Recientemente el ICTA diseñó alternativas para reconvertir sus dos módulos de producción bovina de doble propósito, ubicados en los parcelamiento de Cuyuta y Nueva Concepción. Entre los cambios

fundamentales están la inclusión de árboles en todos los potreros que ocupan un área total de 7,5ha. Los árboles se plantaron bajo un sistema agroforestal de cultivo en callejones a un distanciamiento de 4 metros entre surcos y sobre el surco a 0,5m. El pasto se estableció entre los surcos de árboles (callejones).

La especie que ha sido seleccionado por su rápido crecimiento, producción de forraje de buena calidad y leña es la *L. leucocephala* sub. *Glabrata*. Con la inclusión de los árboles en potreros se persiguen varios propósitos, entre ellos: poca dependencia de fertilización química ya que la *Leucaena* aporta cantidades considerables de nutrientes; principalmente N a través de fijación y del reciclaje del follaje que cae al suelo. Regular la temperatura en los animales a través de evitar la incidencia solar en forma directa sobre los mismo, y mejorar la dieta de los vacunos, especialmente en la ingesta de proteína.

Por aparte, dentro del mismo módulo se ha planificado plantar 1 hectárea con Morera en el caso de Cuyuta, y con Madre Cacao para el caso de Nueva Concepción. Esto se harán con un sistema agroforestal de banco forrajero. El distanciamiento entre surcos es de 1m y entre plantas de 0,25m. el objetivo es obtener forraje de alta calidad para suplementar a las vacas lecheras y terneros durante la estación seca.

EXPERIENCIAS EN LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

A pesar de los esfuerzos realizados en la generación de tecnología en Guatemala y la región Centroamericana en este campo, así como de las experiencias exitosas en otras latitudes, es muy limitada la aplicación de sistemas agroforestales en explotaciones pecuarias a nivel local. Son muchos los factores y razones que pueden darse para explicar esta situación entre ellas:

La falta de consolidación de una oferta tecnológica en sistemas agroforestales con animales en diferentes condiciones tropicales. Esto debido al escaso apoyo brindado a la investigación en cualquier campo de la producción animal, a partir de mediados de las décadas de los 80's a la fecha. Muchos de los famosos centros regionales, institutos de investigación agropecuaria nacionales y universidades se han visto sumamente limitados en la consecución de fondos para la investigación pecuaria, y Guatemala no es la excepción, si no posiblemente el mejor

ejemplo. Esta limitante de financiamiento, se complica más en el caso de los sistemas agroforestales; debido a que la investigación arroja resultados en el mediano y largo plazo, lo cual es de poco interés para los financistas.

La poca rentabilidad de los sistemas tradicionales de ganadería con relación a otras actividades agropecuarias. La rentabilidad de los sistemas ganaderos, principalmente el de la producción de carne bovina (que es el que ocupa mayor número de hectáreas); se ha visto cada día disminuida, ya que los precios actuales son los mismos que hace una década y el precio de los insumos y mano de obra se han elevado desproporcionadamente. En comparación, puede citarse el ejemplo del cultivo de la caña de azúcar, que ha desplazado a la ganadería de carne y doble propósito en la Costa sur del país. No se han efectuado comparaciones por ejemplo con sistemas silvopecuarios.

La no existencia de programas (gubernamentales y no gubernamentales) de transferencia de tecnología y asistencia técnica en producción animal y menos aún con énfasis en sistemas agroforestales. Efectivamente, la tecnología ya disponible en este campo no se pone a disposición de los posibles beneficiarios por la falta de proyectos y programas que lo promuevan. Sencillamente no hay interés en apoyar a la ganadería, a pesar de que bajo un manejo agroforestal, la cantidad de hectáreas que se puede reforestar, podría ser más impactante que programas tradicionales de reforestación.

Escaso conocimiento de las bondades de los sistemas agroforestales aplicados a la producción animal por parte de técnicos y productores. La capacitación en sistemas agroforestales pecuarios; ha sido escasa a todo nivel en el país y ha quedado circunscrita a un grupo de profesionales y técnicos, de instituciones de investigación y enseñanza. Son contadas las explotaciones pecuarias donde puede apreciarse agroforestería con animales y más difícil es observar dicha técnica en áreas grandes.

Dificultad de establecimiento de sistemas agroforestales pecuarios en fincas medianas y grandes. Las prácticas agroforestales usualmente demandan de bastante mano de obra; especialmente en el establecimiento y en las podas, cuando se trata de un sistema de corte de acarreo. Esto no es tanto problema a nivel de parcelas pequeñas pero si lo es en extensiones grandes, donde la forma tradicional de establecimiento y manejo de pastos es muy sencilla.

No obstante las limitantes anteriores, algunos ejemplos de transferencia de tecnologías sobre agroforestería para la producción animal en Guatemala pueden mencionarse:

- Para el caso del módulo caprino citado con anterioridad, ONG's como Veterinarios Sin Fronteras, transfirieron el mismo con algunas modalidades en el área de Nentón, Huehuetenango. En el área de la Biosfera Maya, en condiciones de bosque tropical Húmedo, en el departamento de Petén, a través de el proyecto OLAFO de CATIE, también han sido validados con éxito los módulos referidos. Asimismo, una ONG como es Heifer Project, ha impulsado en varias regiones del país la transferencia del módulo obteniendo buenos resultados. Sin embargo, muchos de los esfuerzos han sido aislados y no se tiene continuidad en los mismos, por lo que no se ha tenido el impacto deseado.
- En la región Sur del país, algunas fincas ganaderas; al inicio de las décadas de los 80 con el «boom» de la Leucaena, iniciaron programas de establecimiento de bancos forrajeros con esta especie para el engorde de novillos principalmente en condiciones de estabulación. La poca rentabilidad mostrada por estos sistemas en comparación con otras alternativas de producción agrícolas como la caña de azúcar, disipó el entusiasmo mostrado inicialmente.
- Otros ejemplos a nivel de muy pocas fincas particulares en la misma región, se dan a partir de los 90 y consisten en la «experimentación» en una forma muy aplicada, de asociar especies forestales con pastos. Entre las especies que se han probado están la *Gmelina arborea*, Palo blanco y varios Eucaliptos. La tendencia en este caso, ha sido una reconversión de un sistema ganadero a uno forestal, más que un claro ejemplo de agroforestería. Sin embargo, se ha generado información práctica sobre diferentes variables de manejo y económicas que pueden servir de guía a otros ganaderos para el plantado de árboles en potreros, dando así valor agregado a los sistemas de producción actuales. Asimismo, en la región Sur Oriental (trópico seco) del país se reportan casos exitosos de sistemas agroforestales de Mango (var. Tommy Atkins) asociado con pastos como el jaraguá (*Hiparrhenia rufa*) y *Brachiaria* sp. bajo utilización de vacas de doble propósito.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.** 1986. *Informe de presentación de resultados.* Quetzaltenango, Gua., Programa de Especies Menores. S.p.
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas.** 1987. *Informe de presentación de resultados.* Quetzaltenango, Gua., Programa de Especies Menores. S.p.
- Blanco, R., Gutierrez, M.A., Arias, R., Rodríguez, C. y Vargas, H.** 1992. Efecto de la distancia de siembra y altura de corte en la producción de materia seca de morera (*Morus* sp) en dos parcelamientos de la costa sur. En: *Informe Técnico Final del Proyecto Mejoramiento de Sistemas de Producción Bovina de Doble Propósito en Guatemala (Fase II de mayo, 1988 a abril, 1992).* Guatemala, IICA.p28-29
- Méndez Barrios, J.J.** 1984. *Informe preliminar sobre forrajes tradicionales usados en el Altiplano Occidental de Guatemala.* Helvetas. Guatemala. 122p.
- Mendizábal, G.** 1991. Utilización del follaje de plantas silvestres en la alimentación de rumiantes, en el Altiplano Occidental de Guatemala. En: *Seminario Internacional de Investigación en Cabras, El Zamorano, Honduras.* Memorias.
- Mendizábal, G., Marroquín, F., Ríos, E., Arias, R. y Benavides, J.** 1994. Identificación y caracterización de plantas silvestres utilizadas en la alimentación de rumiantes en el Altiplano Occidental de Guatemala. En: *Arboles y arbustos forrajeros en América Central.* J. Benavides (ed.) Turrialba, C.R.: CATIE. 1:65-93.
- Rodríguez, C., Arias, R. y Quiñonez, J.** 1989. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada, sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de Morera (*Morus* spp.) en el trópico seco de Guatemala. *Informe Anual del programa de Bovinos.* Guatemala, Gua., ICTA. 18 p.
- Velásquez, C.M., Gutiérrez, M., Arias, R., y Rodríguez, C.** 1994. Adaptado de la tesis para Licenciatura en Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala. En: *Arboles y arbustos forrajeros en América Central.* J. Benavides (ed.). Turrialba, C.R.: CATIE. 1:337-392.

Arboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería

Jorge E. Benavides

Investigador y Consultor, Turrialba, Costa Rica

SUMMARY

This paper reviews the research on fodder trees and shrubs carried out by CATIE in Costa Rica. Research was addressed to: 1) the identification and characterisation of species forage potential, 2) the nutritive value of several species, 3) the evaluation of the animal responses to fodder trees and shrubs supplementation including voluntary intake, milk production and live weight gain, 4) agronomic evaluations, 5) the utilisation of natural grasslands and forests for grazing and browsing, 6) economical analysis, and 7) the evaluation of the environmental impact of silvopastoral technologies.

INTRODUCCIÓN

Entre el 45% y 78% de los productores agrícolas de América Central poseen fincas entre 3,5 y 10ha, las cuales ocupan entre el 0,4 y el 10,0% de la tierra cultivada (CATIE, 1985). Además de esta situación, las restricciones de tierra y capital y la ubicación de una gran proporción de las pequeñas fincas en zonas no aptas para las actividades agropecuarias, limitan o imposibilitan la explotación bovina. En tales condiciones la energía presente de los alimentos disponibles en la mayoría de estas fincas, apenas es suficiente para satisfacer los requerimientos de mantenimiento de los vacunos (McDowell y Bove, 1977 citado por Raun, 1983).

A las consideraciones anteriores debe añadirse la falta de acceso de los productores a tecnologías adecuadas para la producción; el crecimiento demográfico y otros aspectos relacionados a la situación económica y social de América Central. En este sentido el desarrollo de alternativas tecnológicas adecuadas a las condiciones ecológicas y socioeconómicas de la región, debe jugar un papel decisivo en la generación de bienes de consumo de manera más sostenida y más acorde con el uso racional de los recursos naturales.

Numerosas prácticas tradicionales de uso de la tierra (deforestación, pastoreo extensivo y extractivo, ausencia de técnicas para controlar erosión, actividades agropecuarias en zonas no aptas, etc.), conllevan deterioros del equilibrio ecológico y de la capacidad productiva de los suelos (Garríguez, 1983; Jiménez, 1983; Heuveldop y Chang, 1981). Por otra parte la producción y calidad de los pastos en el trópico son afectadas tanto por factores climáticos (Minson y McLeod, 1970; Stobbs, 1975; Cubillos *et al.*, 1975) como por las restricciones de tierra, y capital imperantes en la mayoría de las pequeñas fincas (Avila *et al.*, 1982).

Lo señalado anteriormente se relaciona con las condiciones ecológicas de la región y con el tipo de tecnología agropecuaria que históricamente se aplica en América Central desde la Colonia. En la época precolombina los grandes herbívoros del pleistoceno habían desaparecido (Janzen y Martin, 1982) y no se explotaban rumiantes en forma doméstica. En dicha época los únicos rumiantes autóctonos eran venados que son eminentemente ramoneadores (Sands, 1983; Morales, 1983). Por otra parte, en todas las zonas de vida la vegetación predominante era de tipo arbóreo y arbustivo y, con la excepción del maíz, había muy poca presencia de gramíneas y éstas no representaban una fuente importante de alimentos para los herbívoros endémicos (Janzen y Martin, 1982; National Geographic, 1992; Skerman y Rivero, 1992). Lo anterior indica una vocación natural de la tierra hacia formaciones vegetales muy diferentes a las que existen actualmente en la mayor parte de la región.

El asentamiento de los colonos españoles en Mesoamérica implicó la introducción de tecnologías de uso de la tierra diferentes a las utilizadas por los indígenas y en la que se destacan el uso del arado y la ganadería con la necesaria siembra de gramíneas para alimentar los animales (Meza y Bonilla, 1990; Tosi Jr. y Voertman, 1977). Tales tecnologías, que se siguen aplicando hasta nuestros días, han contribuido en forma

significativa al deterioro y eliminación de la cobertura natural de la tierra con sus subsecuentes efectos negativos sobre el suelo y la bio-diversidad. Así mismo ha significado esquivar las posibilidades de utilización racional de los bosques, en aras de una productividad cuestionable en el mediano y largo plazo. En relación con la ganadería tradicional, «es un hecho poco alentador, para los expertos en prados de gramíneas darse cuenta de que, probablemente, son más los animales que se alimentan de arbustos y árboles, o de asociaciones en las que las leñosas desempeñan un papel importante, que sobre verdaderos prados de gramíneas y leguminosas.» (Commonwealth Agricultural Bureau Publication, citado por Skerman *et al.*, 1991).

El deterioro de las tierras vírgenes es un proceso que se inicia con la siembra de granos aprovechando la fertilidad presente después de la tumba del bosque. Una vez que esta fertilidad decae, la tierra se abandona o se destina a la agricultura intensiva o a la ganadería que, en la mayor parte de los casos, es de tipo extensivo y extractivo (Sands, 1983). A partir de la década de los cincuenta, más del 50% de los bosques ha sido sustituido por agricultura migratoria o por pastizales (Collins, 1990; UNESCO, 1979; National Geographic, 1992), que en la mayoría de los casos, son sobrepastoreados en pequeñas fincas o son sólo capaces de soportar muy poco número de animales por unidad de área en las grandes explotaciones (Collins, 1990). En América Central, si no es con el uso de gran cantidad de insumos y mano de obra, no se puede mantener una alta productividad de los pastos debido, entre otras cosas, a la rápida invasión de leñosas autóctonas que pugnan por establecerse. «...mientras el hombre se empeña en mantener los pastizales, la naturaleza lucha por el desarrollo de los bosques.» (Skerman y Rivero, 1992).

Cabe preguntarse entonces: Qué hubiera sucedido si, en lugar de utilizar el arado e introducir gramíneas, se hubiesen desarrollado tecnologías adecuadas para aprovechar la vocación natural de la región? Se pueden integrar, de manera productiva y rentable, especies leñosas en los sistemas de producción animal predominantes en la región? A la respuesta parcial de estas preguntas, apuntan los resultados de la investigación con árboles y arbustos forrajeros que se presentan en este documento.

LA INVESTIGACIÓN EN ARBOLES FORRAJEROS

Para que un árbol o arbusto pueda ser calificado como forrajero debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En tal sentido los requisitos para tal calificación son: i) que su consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; ii) que el contenido de nutrimentos sea atractivo para la producción animal; iii) que sea tolerante a la poda y iv) que su rebrote sea lo suficientemente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área.

Identificación y caracterización de especies

Datos obtenidos con los productores y de la literatura indican la presencia de leñosas con potencial forrajero en el trópico húmedo de la costa Atlántica de Costa Rica y del Petén en Guatemala; en sitios semiáridos en República Dominicana y cercanos a la costa del Sur de Honduras; en zonas montañosas con períodos largos de sequía y serios problemas de erosión en la vertiente Pacífica de Costa Rica y en los altiplanos de clima templado por encima de 1 500 msnm de Guatemala y Costa Rica. La observación de los animales ha permitido localizar especies particularmente apetecidas y con altos niveles de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y de proteína cruda (PC). Ello ha permitido, identificar especies que normalmente no tenían ningún valor de uso y ampliar la utilidad de aquellas que tienen otros propósitos.

Una de las maneras de identificar especies con potencial forrajera es mediante la observación de las preferencias de los animales en pastoreo o ramoneando. Trabajando con cabras en un bosque del trópico húmedo se encontró que, de 84 especies consumidas por lo menos una vez, nueve de ellas representaron el 54% del total de bocados de los animales. Así mismo, se encontró que las dos especies más apetecidas fueron las de mayor contenido de PC y DIVMS (Cuadro 1). En condiciones más áridas al Sur de Honduras, donde la precipitación se concentra en 5 o 6 meses del año, la selección de las especies es influida por las lluvias que determinan cambios en el tipo de vegetación. Durante los meses de lluvia predomina la selección de plantas herbáceas y durante la sequía los arbustos constituyen el principal componente de la dieta. Así mismo,

también es diferente la fracción de la planta que es consumida por los animales (Cuadro 2).

Cuadro 1

Frecuencia de consumo y calidad nutritiva de la especies seleccionadas por cabras en bosque secundario del trópico húmedo¹.

Especie	Frecuencia de consumo %	MS, %	PC, %	DIVMS, %
<i>Vernonia brachiata</i>	10,1	22,6	29,6	68,4
<i>Acalypha macrostachya</i>	7,9	22,3	30,1	68,0
<i>Heliconia sp.</i>	7,6	23,4	20,0	38,1
<i>Panicum maximum</i>	6,7	22,6	16,9	54,1
<i>Clibadium sp.</i>	4,7	25,7	26,2	47,3
Helechos	4,6	30,7	20,1	26,3
<i>Croton schiedeanus</i>	4,4	32,7	27,1	23,4
<i>Govania polygama</i>	4,4	40,5	20,8	40,8
<i>Trofis sp.</i>	3,8	37,0	15,8	65,2
Otras especies ²				45,8

¹Turrialba, Costa Rica. ² 75 especies. Rodríguez, 1982, citado por Benavides, 1991.

Cuadro 2

Frecuencia de bocados y valores bromatológicos de las especies más apetecidas por cabras entre marzo y septiembre en la zona Sur de Honduras.

Nombre Común	Frecuencia de bocados	Parte de la planta	DIVMS %	PC %
Pasto (varios)	38,0			
Jícaro (<i>Crescencia alata</i>)	13,0	Flores	77,6	11,0
Carbón blanco (<i>Mimosa platycarpa</i>)	10,5	Hojas	60,0	16,0
		Frutas	8,0	7,5
Nacascolo (<i>Caesalpinia coriario</i>)	7,0	Hojas	9,0	6,0
		Frutas	65,0	6,9
Cornizuelo (<i>Acacia insii</i>)	5,7	Hojas		
		Frutas		
Espino blanco (<i>Acacia farnesiana</i>)	5,3	Hojas	55,0	22,0
Total	79,5			

Fuente: Godier *et al.*, 1991

Para una selección preliminar de las plantas es recomendable medir la producción de biomasa en árboles que crecen de forma natural. Con esto, además de ganar tiempo, se puede conocer también la capacidad de supervivencia a la poda y preseleccionar a las mejores. En el Sur de Honduras a nivel del mar y en donde sólo llueve, de forma irregular durante seis meses del año, se han obtenido los mayores rendimientos con el Guácimo y el Tiguilote (Cuadro 3).

Cuadro 3

Producción de biomasa (kg MS/árbol/año)¹ de algunas leñosas en condiciones naturales en la zona Sur de Honduras

Especie	Biomasa	Biomasa	Biomasa
	Total	Comestible	Comestible
Tiguilote (<i>Cordia dentata</i>)	14,3	6,4	44,8
Carbón blanco (<i>Mimosa patycarpa</i>)	3,9	0,8	20,5
Nacascolo (<i>Caesalpinia coriara</i>)	3,3	2,1	63,6
Carbón negro (<i>Mimosa tenuiflora</i>)	2,5	1,5	60,0
Madreado (<i>Gliricidia sepium</i>)	2,0	1,0	50,0
Pintadillo (<i>Caesalpinia eriostachys</i>)	1,5	0,5	33,3

¹ Cortes cada 4 meses. Fuente: Medina *et al.*, 1991.

Evaluación bromatológica

La mayoría de las especies estudiadas ha mostrado contenidos de PC muy superiores a los de los pastos tropicales y, en varios casos, también superior al de los concentrados comerciales. Así mismo, la DIVMS de algunos follajes es muy elevada. Por su elevada calidad destacan dos especies de euforbiáceas: Chicasquil ancho (*Cnidoscolus acotinifolius*) y Chicasquil fino (*C. chayamansa*), cuyo follaje también es utilizado para consumo humano (Araya, 1991). También sobresalen, además de las especies señaladas, con niveles de PC superiores al 20% y de DIVMS por encima del 70%, dos especies de moráceas: la Morera (*Morus* sp.) y una especie de *Ficus* (Amate) del Petén, Guatemala; dos malváceas como la Amapola (*Malvaviscus arboreus*) y el Clavelón (*Hibiscus rosa-sinensis*) y tres especies de la familia Asteraceae: Chilca (*Senecio* sp.), Tora blanca (*Verbesina turbacensis*) y Tora morada (*V. myriocephala*) (Cuadro 4).

Cuadro 4

Materia seca, proteína cruda y digestibilidad del follaje de leñosas con potencial forrajero en América Central.

Especie	MS (%)	PC (%)	DIVMS ¹ (%)
Chicasquil fino (<i>Cnidocolus aconitifolius</i>)	16,5	42,4	86,6
Morera (<i>Morus sp</i>)	28,7	23,0	79,9
Jícaro (<i>Crescentia alata</i>) (flores)		11,0	77,6
Chicasquil ancho (<i>Cnidocolus chayamansa</i>)	9,3	30,8	74,8
Tora morada (<i>Verbesina myriocephala</i>)	19,8	23,0	71,5
Chilca (<i>Senecio salignus</i>)	26,5	23,4	71,5
Amate (<i>Ficus sp.</i>)		14,4	71,3
Tora blanca (<i>Verbesina turbacensis</i>)	20,6	20,8	70,8
Clavelón (<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>)	24,8	21,0	70,0
Chaperno (<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>)		19,5	69,4
Ramón blanco (<i>Brosimum alicastrum</i>)		12,7	67,2
Zorrillo (<i>Roupala complicata</i>)	26,6	42,5	66,9
Amapola (<i>Malvaviscus arboreus</i>)	16,5	22,4	64,5
Chichipince (<i>Hamelia patens</i>)		17,5	61,6
Carbón blanco (<i>Mimosa platycarpa</i>)		16,0	60,0
Madero negro (<i>Gliricidia sepium</i>)	25,1	21,6	59,2
Nacascolo (<i>Libidibia coriaria</i>)		16,0	59,0
Ramón colorado (<i>Trophis racemosa</i>)		12,9	56,5
Poró enano (<i>Erythrina berteroana</i>)	22,9	24,3	55,0
Guácimo (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	37,6	15,6	54,3
Mano de león (<i>Dendropanax arboreus</i>)		12,1	52,7
Guarumo (<i>Cecropia peltata</i>)	19,7	19,8	51,8
Poró gigante (<i>Erythrina poeppigiana</i>)	24,0	23,8	51,3
Poró de cerca (<i>Erythrina cocleata</i>)	24,3	21,6	51,2
Copal (<i>Stemmadenia donnel-Smithii</i>)	19,1	24,4	50,6
Bilil (<i>Polimnia sp.</i>)	17,9	22,1	45,2
Tiguilote (<i>Cordia dentata</i>)	41,0	16,0	36,0

¹ Digestibilidad *in vitro* de la materia seca. Adaptado de: Hernández y Benavides, 1992; Araya *et al.*, 1993; Mendizábal *et al.*, 1993; Reyes y Medina, 1992; Godier *et al.*, 1992; Medina, 1992; y Rodríguez *et al.*, 1987

El contenido en nutrimentos está afectado por la edad del rebrote y por el componente y su posición en la rama. En el follaje de Poró (*Eythrina poeppigiana*), en el trópico húmedo se han observado fuertes variaciones en los niveles de PC y DIVMS de todas las fracciones de la biomasa (Cuadro 5). Parece lógico presumir que esto está relacionado con las diferentes edades que tiene cada fracción dentro de la rama.

El estudio de sustancias anti-nutricionales es importante en caso de detectar problemas de aceptabilidad y consumo. Con el follaje de Madero negro, conocido por su contenido de cumarina, se han detectado limitaciones de consumo cuando el material es joven y con mayor DIVMS. Este problema parece estar relacionado con la procedencia del

Cuadro 5

Materia seca, proteína cruda, digestibilidad *in vitro* y energía digestible de fracciones del follaje de *Erythrina poeppigiana*.

Fracción	MS (%)	PC (%)	DIVMS (%)	ED ¹ Mcal/kg MS
Hoja apical	17,5	38,4	74,1	3,27
Hoja intermedia	25,5	30,5	33,5	1,48
Hoja basal	26,2	27,1	37,4	1,65
Tallo apical	17,0	12,2	54,4	2,40
Tallo intermedio	20,1	10,6	47,4	2,09
Tallo basal	21,5	9,2	34,1	1,50
Corteza	17,0	14,1	78,3	3,45

¹ 3 meses de rebrote. Fuente: Benavides, 1983.

follaje, ya que durante una comparación con Poró, se utilizó follaje de Madero negro proveniente de dos sitios y, aparentemente, existe una importante relación de sitio y edad con el nivel de consumo (Cuadro 6).

Cuadro 6

Consumo y calidad de Madero negro (*G. sepium*) y Poró (*E. poeppigiana*) por cabras en diferentes períodos experimentales.

Parámetros	Período 1	Período 2	Período 3
	Follaje del sitio 1 (> 4 meses de rebrote)	Follaje del sitio 2 (< 3 meses de rebrote)	Follaje del sitio 1 (< 3 meses de rebrote)
<u>Madero negro</u>			
Consumo (kg MS/d)	1,65	0,61	0,37
Materia seca (%)	32,1	23,2	20,5
Proteína cruda (%)	18,4	22,1	23,0
DIVMS ¹ (%)	51,2	60,1	63,4
<u>Poró</u>			
Consumo (kg MS/d)	1,20	1,11	1,16
Materia seca (%)	19,8	19,7	19,6
Proteína cruda (%)	20,5	20,7	21,1
DIVMS (%)	45,3	43,7	46,8

¹ Digestibilidad *in vitro* de la MS. Rodríguez *et al.*, 1987

RESPUESTA ANIMAL

El Poró (*E. poeppigiana*), es una de las especies que han sido más estudiadas, observándose consumos superiores al 3,0% en cabras lactantes (Cuadro 7). Con el follaje de Guácimo y de Tiguilote se han obtenido niveles satisfactorios de ingestión con cabritos en crecimiento y se ha observado que, con algunas especies, ha sido necesario esperar hasta ocho semanas de adaptación antes que el consumo se estabilice (Cuadro 8). Con especies comunes en sitios de barbecho y sotobosques del subtrópico húmedo en el Petén, Guatemala, se han reportado altos consumos cuando se suministra su follaje como suplemento a animales en pastoreo (Cuadro 9). No obstante los mayores consumos observados han sido con el follaje de Morera con el cual se han alcanzado niveles superiores al 3,5% del peso vivo en base seca en dietas con una base de pasto. En estos mismos ensayos el consumo total ha sido superior al 5,5% del PV.

Cuadro 7

Consumo de follaje de Poró por cabras, suministrado como dieta única o como suplemento a dietas de pasto.

Tipo de dieta	Consumo (% PV)	Autores
Dieta única	3,5	Benavides y Pezo, 1986
Dieta única	3,3	Esnaola y Benavides, 1986
Con banano verde	3,3	Benavides y Pezo, 1986
Con plátano	2,8	Rodríguez et al., 1987
Con banano verde y pasto	1,5	Esnaola y Ríos, 1986

Cuadro 8

Variación del consumo (g MS/d) de follaje de forrajeras por cabras jóvenes estabuladas en la zona sur de Honduras .

Alimento	Inicio	Semana 3	Semana 6	Semana 9
Guácimo	354	359	741	861
Tiguilote	278	273	365	498
Pasto Guinea	161	157	425	402

Fuente: Medina, 1994

Cuando se cuenta con poco follaje, ya sea por que la plantación es pequeña o por que se trabaja con la biomasa producida por plantas creciendo naturalmente, se han improvisado algunos procedimientos de

observación para calificar la aceptabilidad de los materiales. En este caso se ofrece el follaje de diferentes especies al mismo tiempo y, a medida

Cuadro 9

Consumo de materia seca por ovinos de especies leñosas del bosque secundario en el Petén, Guatemala.

Especies	Consumo ¹ (% del PV)	Desviación típica
<i>Cecropia peltata</i>	2,1 ^a	0,4
<i>Brosimum alicastrum</i>	2,0 ^a	0,9
<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	1,4 ^{bc}	0,4
<i>Hamelia patens</i>	1,3 ^{bc}	0,3
<i>Dendropanax arboreus</i>	1,1 ^c	0,4
<i>Trophis racemosa</i>	1,1 ^c	0,7
<i>Ficus sp.</i>	0,5 ^d	0,2
<i>Spondias mombin</i>	0,3 ^d	0,2

Adaptado de Hernández y Benavides, 1993. ¹ Valores con letras iguales no difieren ($p < 0,05$).

que transcurre la prueba, se eliminan las más consumidas para conocer el nivel de consumo de las restantes. No necesariamente las especies con mayor DIVMS y PC, son las más apetecidas inicialmente por los animales y que, tal como se mencionó anteriormente para algunas especies, son necesarios períodos de adaptación superiores a los utilizados con forrajes tradicionales. Con cabras jóvenes a las que se les ofrecieron simultáneamente cantidades similares de follaje de Chicasquil ancho, Chicasquil fino, Jocote y Guácimo se observó, que al eliminar sucesivamente el follaje más consumido, se incrementó el consumo de los restantes. Así mismo, se encontró que, con la excepción del período en el que se utilizó sólo el follaje de menor calidad, la sumatoria del consumo de todos los follajes se incrementó entre períodos (Cuadro 10).

Debido a su mediana digestibilidad, se ha encontrado que la complementación energética de raciones con follaje de *Erythrina* mejora notablemente los parámetros de respuesta de los animales y que con fuentes almidonadas el comportamiento productivo es mayor que con azúcares más simples. Al evaluar el efecto de cuatro fuentes energéticas sobre el consumo de Poró y el crecimiento en corderos se encontró que, en todos los casos donde los animales recibieron suplementación

energética, los niveles de consumo y las ganancias de peso fueron mayores que los observados en los animales consumiendo sólo follaje.

Cuadro 10

Efecto de la sustracción del follaje más consumido en una dieta, sobre el consumo de otros follajes por cabras jóvenes alimentadas con una dieta basal de *Brachiaria*.

Consumo de Forraje (g MS/d)	Período			
	I	II	III	IV
Guácimo	42	88	233	336
Chicasquil ancho	35	121	237	
Chicasquil fino	92	115		
Jocote	114			
Total suplementos	283	324	476	336

Fuente: Vallejo *et al.*, 1992

Así mismo, se encontró mejor respuesta con el banano verde y el ñame (almidones) que con la melaza (carbohidratos simples) (Cuadro 11).

Cuadro 11

Ganancia de peso y consumo de corderos «Blackbelly» consumiendo follaje de Poró y diferentes fuentes energéticas.

Parámetros	Control	Melaza	Banano verde + melaza	Banano. verde	Name
Peso promedio (kg)	22,2	23,0	23,1	20,8	22,8
Ganancia, (g/d) ¹	74,0 ^c	92,0 ^{cb}	91,0 ^c	112,0 ^{ab}	128,0 ^a
Consumo de MS (% PV)					
Poró	3,5	3,2	3,3	3,3	3,0
Suplemento	0,0	0,8	0,9	1,1	1,3
Total	3,5	4,0	4,2	4,4	4,3

1/ Valores con igual letra no difieren significativamente, $p < 0,05$. Fuente: Benavides y Pezo, 1986.

Una adecuada proporción entre las fuentes de proteína (follaje de Poró) y energía (fruto de plátano) también es importante al utilizar dichos ingredientes en la dieta. Esto se desprende de un trabajo en el cual se ofreció a cabras lecheras dos niveles suplementarios de Poró y dos de plátano y en el que la mayor producción de leche ocurrió en aquellos tratamientos con una relación proteína/energía similar (Cuadro 12).

Con las especies de mayor nivel de PC y DIVMS, se han obtenido los niveles de producción de leche más elevados, y se ha observado una respuesta muy significativa al suministrar niveles crecientes de follaje a animales recibiendo una dieta base de pasto. Tal es el caso del follaje de Amapola y Morera, con los que se han observado rendimientos crecientes en leche a medida que aumenta la cantidad de

Cuadro 12

Producción de leche y relación proteína/energía de la dieta en cabras alimentadas con pasto y suplementadas con diferentes niveles de Poró y plátano verde¹.

Nivel de plátano	Alto	Bajo	Alto	Bajo
Nivel de Poró	Alto	Alto	Bajo	Bajo
Leche (kg/d)	1,27	1,09	1,09	1,13
PC/ED. (g/Mcal)	40,0	45,0	35,0	40,0

¹ Interacción entre factores significativa, $p < 0,05$. Adaptado de Castro, 1989.

follaje en la ración, alcanzándose producciones de leche superiores a 2,2 y 2,6 kg/d, respectivamente, y normalmente posibles sólo con el uso de concentrados comerciales (Cuadro 13). Con estas dos especies se reportan consumos de materia seca superiores al 5% del peso vivo.

Cuadro 13

Efecto de la suplementación con follaje de Morera y Amapola sobre la producción de leche de cabras.

Consumo MS de Morera (% PV) ¹	1,0	1,8	2,6	3,5
Consumo de MS de King Grass (% PV)	3,2	2,9	2,6	2,1
Consumo de MS total (% PV)	4,3	4,7	5,2	5,6
Leche, (kg/d)	2,0 ^b	2,3 ^a	2,5 ^a	2,5
Consumo MS de Amapola (% PV) ²	1,0	1,8	2,6	3,5
Consumo de MS de K, Grass (% PV)	2,9	2,5	2,1	1,6
Consumo de MS total (% PV)	3,8	4,2	4,7	5,1
Leche (kg/d)	1,5 ^b	1,6 ^b	1,9 ^a	2,2 ^a

¹ López *et al.* 1993. ² Rojas y Benavides, 1992. Valores con igual letra no difieren ($p > 0,01$).

Bajo condiciones de trópico húmedo, en un módulo en el que se han manejado dos cabras durante tres años, alimentadas sólo con hojas de

Morera y pasto, se han obtenido rendimientos superiores a los 800kg de leche/lactancia de 300 días. En este mismo módulo se han observado, durante el mes pico de lactancia, producciones promedio superiores a 4,0 kg/d (Cuadro 14). También con hojas de Morera se han encontrado, en corderos, respuestas crecientes en ganancia de peso, y superiores a 100 g/d, al aumentar la proporción de este forraje en la dieta (Cuadro 15).

Cuadro 14

Producción de leche (kg/d) por mes en cabras comiendo solamente pasto y hojas de Morera en un módulo agroforestal.

Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cabra 1	3,22	3,46	3,47	3,41	2,65	2,69	2,23	2,44	2,53
Cabra 1	3,41	3,93	3,53	3,44	2,91	2,67	2,68	1,86	1,71

Oviedo *et al.*, 1994

Cuadro 15

Ganancia de peso y consumo de corderos «Blackbelly» alimentados con pasto y con varios niveles de follaje de Morera

	Consumo de MS de morera, % PV ¹			
	0	0,5	1,0	1,5
Peso inicial, kg	15,7	15,8	15,8	15,1
Ganancia (g/d) ²	60 ^b	75 ^b	85 ^{ab}	101 ^a
Consumo de MS (kg/d)				
King-grass ³	0,7	0,6	0,6	0,6
Morera	0,0	0,1	0,2	0,3
Total	0,7	0,7	0,8	0,9
Consumo (% PV)	3,5	3,7	4,0	4,3

¹ Como porcentaje del peso corporal. ² Valores con igual letra no difieren $p < 0,01$.

³ *Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*. Fuente: Benavides, 1986.

Oviedo (1995) al comparar el follaje de Morera con el concentrado, como suplemento a vacas en pastoreo, obtuvo un nivel de producción de leche similar (13,2 y 13,6 kg/d, respectivamente) para cada suplemento a iguales niveles de consumo de MS (1,0% del PV) y muy superior al obtenido con sólo pastoreo (11,3kg/d). El uso de Morera en la dieta no afectó el contenido de grasa, proteína y sólidos totales de la leche pero si mejoró el beneficio neto en comparación con el concentrado (US\$ 3,29

vs. 2,84, respectivamente). Esquivel *et al.* (1996), al reemplazar el 0, 40 y 75% del concentrado por follaje de Morera tampoco encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en la producción de leche (14,2; 13,2 y 13,8kg/d, respectivamente) de vacas Holstein en pastoreo y sin efectos apreciables en la calidad de la leche (Cuadro 16). Aquí también, considerando sólo los costos de alimentación, el ingreso neto por animal fue 11,5% mayor con Morera al del obtenido con el concentrado.

Con bovinos se han obtenido ganancias de peso biológicamente atractivas al utilizar el follaje Morera como suplemento. En el trópico húmedo de Turrialba con vaquillas de reemplazo Jersey x Criollo en

Cuadro 16

Sustitución de concentrado por Morera sobre la producción y el consumo de vacas Holstein pastoreando Kikuyo

Parámetro	Relación concentrado/Morera		
	100/0	60/40	25/75
Leche, (kg/d)	14,2	13,2	13,8
Consumo (kg MS/d)			
Concentrado	6,4	4,2	1,9
Morera	0	2,8	5,5
Pasto	9,3	7,8	6,2
Total	15,7	14,8	13,6

Fuente: Esquivel *et al.*, 1996.

pastoreo y suplementadas con Morera, la ganancia de peso fue superior (610g/d) a la observada al suplementar con concentrado (410g/d) (Oviedo y Benavides, 1995).

Con toretes Criollos Romosinuanos recibiendo una dieta basal de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), se observaron incrementos de peso de 40, 690, 940 y 950g/d al suplementar con Morera en niveles equivalentes al 0; 0,90; 1,71 y 2,11% del PV (González, 1996). En este trabajo el estudio de presupuesto parcial arrojó una relación ingreso/costo de 0,10; 1,11; 1,18 y 0,97 para cada nivel de ganancia de peso, respectivamente.

Uno de los problemas más serios de la ganadería es la drástica disminución de la disponibilidad y calidad del pasto durante la sequía. Entre las alternativas utilizadas está la del ensilaje de forraje durante las lluvias para utilizarlo luego en la sequía. Estos ensilajes normalmente se

hacen con gramíneas tropicales que contienen un alto nivel de fibra y poca presencia de carbohidratos solubles, lo que afecta la fermentación y da como resultado un material de baja calidad. Debido a su poca fibra y alto nivel de carbohidratos el follaje de Morera puede ensilarse sin aditivos, mostrando un patrón láctico de fermentación, con pocas pérdidas en PC (entre 16 y 21% de PC) y manteniendo entre 66 y 71% de DIVMS (Vallejo, 1994; González, 1994), parámetros muy superiores a los de ensilajes fabricados con forrajes tropicales.

Al utilizar ensilaje sin aditivos de planta entera de Morera como suplemento a toretes en confinamiento, alimentados con una dieta basal de pasto Elefante, se han obtenido ganancias de peso superiores a 600 g/d con un consumo de Morera de 1,1% del PV en base seca (González, 1996). Por otra parte, cabras consumiendo ensilaje de Morera como dieta única, mostraron un consumo del 5,0% del PV en base seca y un rendimiento de 2,0kg/d de leche (Vallejo, 1994).

EVALUACIONES ECONÓMICAS

El uso de estacas es la técnica de propagación más adecuada ya que permite períodos de establecimiento más cortos, es de fácil ejecución y bien conocida por los productores. En algunas especies es posible plantar las estacas totalmente enterradas en forma horizontal. De esta forma se obtienen varias plantas por estaca y se ahorra material de propagación. Sin embargo, las variaciones entre especies se deben considerar antes de decidir sobre la técnica a utilizar (Cuadro 17).

Cuadro 17

Efecto de la posición de siembra de estacas de Sauco, Amapola y Morera sobre la germinación y número de rebrotes.

Posición de siembra	Horizontal		Vertical	
	Germinación (%)	Número de rebrotes	Germinación (%)	Número de rebrotes
Amapola	58,0	1,0	87,5	4,3
Morera	90,4	2,1	100,0	3,1
Sauco	53,8	1,1	60,4	1,5

Fuente: Esquivel y Benavides, 1993.(Sin publicar)

La asociación de árboles leguminosos con gramíneas es una de las alternativas que más posibilidades tiene. Estas prácticas pueden enfocarse

de dos maneras. En la primera se aprovecha, tanto la producción de la gramínea, como la producción del árbol asociado como forraje. Los resultados de un trabajo realizado en el trópico húmedo, en el que se intercaló pasto «King grass» con Poró (*E. poeppigiana*), y en donde no hubo reposición de nutrientes al suelo y toda la biomasa producida se extrajo del sitio, han permitido establecer que la producción de pasto no se afecta por la presencia del árbol, ya que su poda frecuente disminuye la competencia por luz. También se encontró que se pueden obtener rendimientos de nutrientes, por unidad de área, que triplican la obtenida con el pasto en monocultivo (Cuadro 18). No obstante a corto plazo, en el caso del pasto, y a mediano plazo, en el caso del Poró, la producción decae por la extracción frecuente de material.

Cuadro 18

Producción de materia seca y proteína cruda de Poró y King-grass sembrados en asociación y del pasto en monocultivo.

Parámetros	Año 1	Año 2	Promedio
<u>Pasto y PoróEn: asociación</u>			
Materia seca (ton/ha/año)	35,0	26,8	30,9
Proteína cruda (ton/ha/año)	2,87	2,74	2,81
<u>PastoEn: monocultivo</u>			
Materia seca (ton/ha/año)	25,8	19,8	22,8
Proteína cruda (ton/ha/año)	1,18	0,94	1,03

Fuente: Benavides *et al.*, 1989

La otra vía es utilizar el follaje de Poró asociado como abono verde para la gramínea. También, bajo condiciones de trópico húmedo y en un suelo de baja fertilidad, se observó que los rendimientos del pasto se incrementan al aplicar al suelo cantidades crecientes de follaje de Poró. Así mismo se encontró que la sola presencia del árbol, aún sin depositar su follaje, estimula una mayor producción de pasto que la obtenida en el pasto sin árboles (Cuadro 19).

Tradicionalmente, en la ganadería, la relación entre los animales y el componente vegetal es en un solo sentido y el animal se beneficia de este último al obtener de él su alimento, pero no participa en su generación. En los sistemas de producción, en donde se manejan los animales estabulados, es posible establecer una relación en los dos sentidos al utilizar la mayor parte del estiércol como fertilizante. De esta forma se

puede contar con un sistema más equilibrado al beneficiarse al componente vegetal de nutrientes aportados por los animales. Por otra parte, las especies con las mejores características forrajeras son grandes extractoras de nutrientes del suelo y no tienen la capacidad, como las leguminosas, de fijar nitrógeno, necesitando de la aplicación de altos niveles de fertilizante químico. Para encontrar una solución ecológicamente racional, se ha probado el uso de estiércol de cabra como abono en plantaciones de leñosas forrajeras, en las que se han obtenido altos y sostenidos rendimientos de biomasa que, en algunos casos, se incrementan a medida que transcurren los años.

En un experimento con Morera de tres años de duración en donde se adicionaron al suelo niveles crecientes de estiércol, la producción de biomasa se incrementó significativamente y, a niveles isonitrogenados, los rendimientos fueron mayores que los obtenidos con el uso de

Cuadro 19

Materia seca depositada, exportada y total (ton/ha/año) de Poró y de King grass según niveles de follaje adicionado al suelo.

Parámetros	Testigo sin árboles	Proporción del follaje depositado en el suelo			
		0 %	33 %	66 %	100 %
Producción					
Poró		9,0	8,6	8,2	9,2
Pasto	12,4 ²	21,0 ^c	20,6 ^c	26,6 ^b	30,3 ^a
Total	12,4 ²	30,0 ^c	29,2 ^c	34,8 ^b	39,5 ^a
Exportación					
Poró		9,0	6,3	2,2	0
Pasto	12,4 ²	21,0 ^c	20,6 ^c	26,6 ^b	30,3 ^a
Total	12,4 ²	30,0	26,9	28,8	30,3

fertilizante químico (NH₄-NO₃). Además se observó un incremento importante, entre años, en la producción de biomasa (Cuadro 20). Similares tendencias se han observado en una plantación de Amapola con el uso de cantidades iguales de estiércol, sin embargo, los rendimientos totales fueron menores y la producción con fertilizante químico fue mayor (Cuadro 21).

Cuadro 20

Producción entre años de biomasa total de Morera por efecto de la aplicación de estiércol de cabra al suelo.

Año	Nivel de estiércol				NH ₄ NO ₃ 480 ¹
	0	240	360	480 ¹	
	(ton MS/ ha)				
1 ²	23,0 ^c	24,4 ^{bc}	26,6 ^b	31,1 ^a	26,7 ^b
2	21,3 ^c	25,2 ^b	27,6 ^{ab}	33,4 ^{ab}	29,7 ^b
3	22,9 ^d	28,2 ^c	32,6 ^b	38,2 ^{ab}	29,2 ^b

¹ kg de N/ha/año. ²Valores con igual letra horizontalmente no difieren, p>0,001.

En Costa Rica se utilizan cuatro variedades de Morera y, trabajando con tres de ellas en tres sitios de Costa Rica (Puriscal, Coronado y Paquera), Espinoza (1996) reporta rendimientos de MS total de 14,1; 22,3 y 25,4 ton/ha/año para cada variedad, respectivamente. El mismo autor reportó diferencias en la producción atribuibles a factores climáticos. En Paquera, a pesar de sufrir un largo período de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31,2 ton MS/ha/año), duplicó la de Coronado (15,5 ton MS/ha/año) a pesar de su mejor régimen de lluvia. Esto se atribuye a la mayor luminosidad y mayores temperaturas de Paquera y a la alta

Cuadro 21

Materia seca producida (tm/ha/año) por componente de la biomasa de Amapola, según nivel de estiércol aplicado al suelo.

Componente	Nivel de estiércol ¹				NH ₄ -NO ₃ ¹ 480
	0	240	360	480	
Hojas ²	5,8 ^c	6,2 ^{bc}	6,9 ^b	7,1 ^b	8,1 ^a
Tallo tierno	1,9 ^b	2,1 ^b	2,1 ^b	2,4 ^{ab}	2,7 ^a
Tallo leñoso	6,3 ^c	6,6 ^c	7,9 ^b	7,6 ^b	8,9 ^a
Total	14,0 ^c	14,9 ^{bc}	16,9 ^b	17,1 ^b	19,7 ^a
Comestible	7,7 ^c	8,3 ^{bc}	9,0 ^{bc}	9,5 ^b	10,8 ^a

¹ En kg de N/ha/año. ² Valores con igual letra horizontalmente no difieren (p>0,05).

nubosidad y menor temperatura de Coronado ubicado en una zona montañosa.

Un aspecto importante, en sitios con un tipo bimodal de precipitación, es la evaluación de técnicas de poda que permitan la

producción de biomasa durante el verano. Para ello se ha investigado sobre el efecto de las podas al final de la poca lluviosa sobre la producción de biomasa en el período de sequía. En República Dominicana, la poda de Madero negro en Octubre, Noviembre y Diciembre, además de detener su floración, provoca rendimientos elevados y crecientes de biomasa comestible durante los meses de menor precipitación en el verano (Cuadro 22).

UTILIZACIÓN DE PRADERAS NATURALES Y SOTOBOSQUES

Dado que los sistemas tradicionales de producción, en América Central, se basan en el ramoneo y pastoreo y en la utilización extensiva de la vegetación natural de praderas y sotobosques; es importante el estudio del comportamiento alimentario de los rebaños para evaluar las posibilidades de mejoramiento de dicho sistema sin provocar cambios drásticos en las formas de explotación que usa el productor. Al respecto el trabajo se orienta a: i) caracterizar las formas de utilización de la cubierta vegetal y ii) determinar la contribución de las especies de ramoneo.

Con la observación de un rebaño de cabras que pastoreaba en áreas de praderas degradadas, se encontró una importante variación en el tipo

Cuadro 22

Efecto de la poda al final de la época lluviosa sobre la producción de biomasa de *Gliricidia sepium* en el período seco.

Componente g/árbol/corte	Mes de poda final ¹			
	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Tallos tiernos	66 ^b	60 ^c	69 ^b	96 ^a
Tallos leñosos	118 ^c	222 ^{bc}	315 ^b	569 ^a
Hojas ²	288 ^b	342 ^b	373 ^b	528 ^a
Comestible	355 ^b	402 ^b	442 ^b	624 ^a
Total	457 ^c	617 ^{bc}	755 ^b	1192 ^a

¹ Promedio de podas iniciales en Octubre, noviembre y diciembre.

² Valores con igual valor horizontalmente no difieren significativamente, $p < 0,02$.

Fuente: Adaptado de Hernández, 1988

de vegetación preferida por las cabras. Mientras que en los meses de sequía (marzo y abril) la preferencia de los animales era por especies

leñosas, a medida que comenzaban las lluvias se incrementa, en forma drástica, la participación de vegetación herbácea (Cuadro 23).

VALIDACIÓN DE TECNOLOGÍAS Y EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para los aspectos económicos se han utilizado análisis de presupuesto parcial en los experimentos que se ejecutan a nivel de estación; análisis de rentabilidad (flujo e ingreso netos) ex post de las tecnologías implementadas en módulos demostrativos y análisis del beneficio familiar y del flujo e ingreso netos a nivel de finca. Los análisis efectuados hasta ahora indican que la aplicación de las tecnologías con árboles forrajeros en las fincas es económicamente rentable y que su presencia contribuye a mejorar la situación de la economía familiar.

En cabras lactantes alimentadas con una dieta basal de pasto, el uso de follaje de Poró y otros subproductos de la agricultura (banano de rechazo) como suplemento, es más rentable que el uso de concentrados a pesar de obtenerse una mayor producción con estos últimos (Cuadro 24).

El costo total (desde la siembra hasta el suministro) del follaje de algunas especies forrajeras, nutricionalmente similares a los concentrados comerciales, es mucho menor que el de estos últimos. Estudios realizados en Turrialba han permitido encontrar que el costo de un kilo de materia seca de concentrado, Morera y pasto King-grass puesto en el comedero es

Cuadro 23

Estacionalidad de las preferencias de diferentes especies botánicas y tipos de vegetación por cabras en pastoreo libre en el Sur de Honduras.

Especies y tipos	Marzo	Abril	Mayo	Julio	Agosto	Setiembre
<i>Mimosa platycarpa</i>	30,0	0,8	5,4	3,1	-	10,3
<i>Acacia farnesiana</i>	15,4	8,9	-	-	1,8	0
<i>Acacia insii</i>	11,3	6,8	-	5,1	-	4,0
<i>Cesalpinea coriarea</i>	18,6	5,2	6,7	2,8	-	-
<i>Crescentia alata</i>	-	41,1	4,2	-	-	56,2
Sarza	-	-	31,5	-	2,4	-
Total leñosas	75,3	62,8	47,8	11,0	4,2	70,5
Otras	19,4	33,4	8,2	17,8	2,3	10,3
Herbáceas	5,3	3,6	44,0	71,2	93,5	24,2

Fuente: Godier *et al.*, 1991

Cuadro 24

Producción de leche, consumo de materia seca y beneficio económico obtenidos con dos dietas suministradas a cabras lactantes estabuladas.

Parámetros	Pasto+ Poró + Banano	Pasto + concentrado
Leche (kg/d)	1,1	1,3 ¹
Consumo, (kg MS/d)		
King-grass	0,5	0,5
Banano maduro	0,6	
Poró	0,4	
Concentrado		0,7
Total	1,5	1,2
Beneficio parcial (US\$/d)	0,6	0,5

¹p<0,05. Fuente: Gutiérrez, 1985.

de US\$ 0,147; 0,044 y 0,035, respectivamente (Rojas, 1992). Esto en parte explica la rentabilidad encontrada en un módulo demostrativo agroforestal con cabras, que opera en el CATIE y en el que los animales se alimenta sólo con Morera y pasto (Cuadro 25).

EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LAS TECNOLOGÍAS

Estas evaluaciones se realizan con el propósito de elaborar recomendaciones orientadas a asegurar la sostenibilidad de la producción y optimizar la utilización de los recursos naturales. En el suelo, es importante conocer el efecto de las tecnologías utilizadas sobre sus características químicas y físicas y aunque estos efectos se detectan generalmente a largo plazo, la información que se recabe es útil para el monitoreo de los cambios.

Parte de la investigación con árboles forrajeros es el desarrollo de técnicas de plantación que permitan la conservación del suelo en áreas con problemas de erosión. Asimismo las especies arbustivas pueden utilizarse para controlar las pérdidas de suelo gracias a que pueden plantarse

Cuadro 25

Flujo de caja (US\$) para el análisis financiero del módulo agroforestal con cabras en Turrialba, Costa Rica.

Descripción	Años		
	1991/92	1992/93	1993
A. Costos			
A.1 Inversiones ¹	72,3	72,3	45,2
A.2 Costo Oportunidad (tierra)	21,2	21,2	13,2
A.3 Variables, Mano de obra ²	455,3	511,7	319,4
Costo total	527,7	584,1	377,8
Costo actualizado	610,8	643,9	396,7
B. Ingresos			
B.1 Producción de leche	672,7	814,0	549,0
Ingresos actualizados	778,7	897,4	576,5
C. B - A actualizados	167,9	253,5	179,8
B/C 1,36	1,3	1,4	1,5
VAN 601,1			

¹ Plantaciones de Morera-Poró y de pasto-Poró; instalaciones y Pie de cría.

² Corte, chapia y acarreo forraje; deshoje, picado y suministro forraje; ordeño; limpieza; fertilización con estiércol; sal mineral, desparasitante y mantenimiento.

Fuente: Oviedo, Benavides y Vallejo, 1993

plantarse en alta densidad, a que son perennes y a que permiten la asociación con otros cultivos.

Durante tres años, en un sitio de elevada pendiente y con serios problemas de erosión, se establecieron dos tipos de plantación con Amapola (Amapola en alta densidad, sembrada en contorno y asociada con pasto de piso y Amapola en contorno, mayor separación entre líneas y asociada con maíz) que se compararon con una plantación de maíz cultivado de forma tradicional (suelo desnudo). La medición de la cantidad de suelo lavado por año indicó que en las dos plantaciones con Amapola ocurrió una pérdida de suelo mucho menor que la observada en la plantación de maíz (Cuadro 26).

Cuadro 26

Pérdida de suelo (kg/ha/año) por escorrentía en tres tipos de plantación en áreas de ladera de la región de Puriscal).

Tipo de plantación	Año 1	Año 2
Maíz tradicional	1903	480
Amapola - Maíz	No hay datos	270
Amapola - Pasto	75	33

Adaptado de Faustino, 1992

CONCLUSIONES

Principales resultados

La investigación realizada hasta ahora por el CATIE sobre árboles forrajeros muestra que:

- El follaje de numerosas especies de árboles y arbustos puede mejorar la calidad de las dietas tradicionalmente usadas para la alimentación de los animales. El contenido en proteína cruda de este follaje generalmente duplica o triplica al de los pastos y, en varios casos, el contenido energético es también muy superior; llegando, comparándose incluso con el de los concentrados comerciales. La presencia de estos follajes en las dietas incrementa significativamente la producción de leche y las ganancias de peso de los animales.
- Numerosas especies de árboles producen abundantes niveles de biomasa comestible por unidad de área, son tolerantes a la poda y fácilmente manejables desde el punto de vista agronómico. En asociaciones de gramíneas con leñosas forrajeros se puede

- incrementar significativamente la producción de proteína cruda por unidad de área con respecto a la obtenida con el pasto en monocultivo.
- En asociación con pasturas, algunas especies de árboles no afectan o pueden incrementar significativamente la producción de las gramíneas.
 - En época de sequía, los árboles pueden producir cantidades superiores de forraje que las obtenidas con el pasto y tal producción es mucho más sostenida que la del pasto en condiciones en las que no se utiliza fertilizante químico.
 - Por encontrarse especies forrajeras en la mayoría de las zonas de vida de América Central, se pueden desarrollar sistemas silvopastoriles en diversas condiciones ecológicas. Además, por su versatilidad de manejo agronómico, pueden ser utilizados en sitios y fincas con limitaciones de área y propiciar una mayor sostenibilidad de la producción de forrajes sin competencia con otras actividades agrícolas.

Impactos de la investigación agroforestal con cabras

Un buen ejemplo del efecto que han tenido las tecnologías desarrolladas, son los cambios que se han dado en las explotaciones con cabras en Costa Rica en la última década. Al mismo tiempo que se ha incrementado la utilización de leñosas forrajeras y se ha disminuido el uso de gramíneas de piso, se ha observado un sustancial incremento en el tamaño de los hatos y en los niveles de producción de leche por animal (Cuadro 27).

En síntesis, la investigación con árboles y arbustos forrajeros realizada por el CATIE ha permitido demostrar la factibilidad de introducir el enfoque agroforestal como una alternativa no tradicional de investigación pecuaria. También ha sido posible desarrollar tecnologías de producción silvopastoril que implican un considerable incremento de la sostenibilidad y productividad por unidad de área y que pueden ser transferibles a las pequeñas y medianas fincas y adaptables a las condiciones de los grandes productores.

Cuadro 27

Cambios en alimentación, el tamaño del hato caprino y la producción por animal entre 1982 y 1991 en Costa Rica.

Año	1982	1988	1991
Melaza	10	7	6
Caña	25	13	6
Tapa de dulce	33	0	0
Vástago	16	20	6
Hojas	40	53	62
Frutos	25	47	61
Gigante	50	80	68
Imperial	30	13	18
Sorgo	20	7	3
Maíz	66	7	2
Kikuyo	20	7	6
Estrella	50	13	6
Pará	30	13	18
Tamaño del hato	19,8	22,0	28,0
Leche (kg/d)	1,3	1,6	1,8

Fuente: Castro *et al.*, 1993

BIBLIOGRAFÍA

- Araya, J., Benavides, J.E., Arias, R. y Ruiz, A. 1993. Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. En: *Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores*. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica., Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. sin publicar
- Avila M., Navarro L.A. & Lagemann J. 1982. Improving the small farm production systems in Central America. *XVIII Conferencia Internacional de Economistas, Jakarta, Indonesia*; CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Benavides, J. E. 1986. Efecto de diferentes niveles de suplementación con follaje de morera (*Morus sp.*) sobre el crecimiento y consumo de corderos alimentados con pasto (*Pennisetum purpureum*). En: *Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas*. Proyecto Sistemas de Producción Animal. CATIE, Turrialba, C.R. 1986. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67: 40-42.
- Benavides, J.E. 1991. *Integración de árboles y arbustos en los sistemas de alimentación para cabras en América Central: un enfoque agroforestal*. El Chasqui (C.R.) 25:6-35.
- Benavides, J.E.; Lachaux, M. y Fuentes, M. 1993. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). In *Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores*. (2., 1993, San José, Costa Rica). Memorias. Turrialba, Costa Rica., Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. sin publicar
- Benavides, J.E. y Pezo, D. 1986. Evaluación del crecimiento y del consumo de materia seca en corderos alimentados con follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) ad lib., suplementados con diferentes fuentes de energía. En: *Resumen de las investigaciones realizadas con rumiantes menores, cabras y ovejas, en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal*. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 67. p43-47.
- Benavides, J.E., Rodríguez, R.A. y Borel, R. 1989. Producción y calidad nutritiva del forraje de pasto King-grass (*Pennisetum purpureum* x *P. typhoides*) y Poró (*Erythrina poeppigiana*) sembrados en asociación. En: *Symposium sur l'alimentation des ruminants en milieu tropical*, Point-à-Pitre, Guadeloupe, France. Paturages et alimentation des ruminants en zone tropicale humide. A. Xande; & G. Alexandre (eds). INRA, p367-376.
- CATIE. 1985. Programa regional de capacitación para el desarrollo agrícola y la alimentación en el Istmo Centroamericano y la República Dominicana. En: *Políticas de investigación y desarrollo agropecuario*, Memorias. Turrialba, C.R., CATIE.
- Collins, M., 1990. *The last rain forests*. Mitchell Breazley Publishers. IUCN. 200p.
- Cubillos, G., Vonhout, K. y Jimenez, C. 1975. Sistemas intensivos de alimentación del ganado en pastoreo. En: *El potencial para la producción del ganado de carne en América Tropical*. CIAT., Cali, Colombia, Serie CS-10. p125-142.
- Esquivel, J., Benavides, J.E., Hernández, I., Vasconcelos, J., González, J. y Espinoza, E. 1996. Efecto de la sustitución de concentrado con Morera (*Morus alba*) sobre la

- producción de leche de vacas en pastoreo. En: *Taller Internacional «Los árboles en la producción ganadera»*. EEPF Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. p25.
- Espinoza, E.**, 1996. *Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de la biomasa de tres variedades de Morera (Morus alba)*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86p.
- Faustino, J.** 1992. Efectos de la erosión hídrica y conservación de suelos en parcelas con pastos y árboles forrajeros. En: *Seminario Internacional de Investigación en Cabras* Memorias. El Zamorano, Hond., SRN
- Garriguez, R.L.** 1983. Sistemas silvopastoriles en Puriscal En: *El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica*. Ed. por J. Heuveldop y L. Espinoza. CATIE, Turrialba, C.R. p85-89.
- Godier, S., Medina, J.M., Brunschwig, G. y Waelput, J.J.** 1991. Comportamiento alimenticio de un rebaño de cabras al pastoreo en una finca tradicional de la región Sur de Honduras. En: *Seminario Internacional de Investigación en Cabras* Memorias. El Zamorano, Hond., Secretaría de Recursos Naturales.
- Gonzalez, J.** 1996. *Evaluación de la calidad nutricional de la Morera (Morus sp.) fresca y ensilada, con bovinos de engorda*. Tesis MSc. Turrialba, C.R., CATIE. 84p.
- Gutierrez, R.** 1985. Utilización del follaje de Poró (*Erythrina poeppigiana*) en combinación con Banano (*Musa sp. cv. «Cavendish»*) como suplemento al pasto King-grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*) en cabras lecheras estabuladas. Turrialba, C.R., CATIE 15p., Trabajo de M.Sc.
- Hernández, M.** 1988. *Efecto de las podas al final de la poca lluviosa en cercos vivos de Piñón Cubano (Gliricidia sepium) sobre la producción y calidad nutritiva de la biomasa en la época seca*. Tesis MSc. Turrialba, C.R., CATIE. 84p.
- Hernández, S. y Benavides, J.E.** 1993. Caracterización del potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios de El Petén, Guatemala. En: *Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores*, Memorias. s.p. Sin publicar.
- Heuveldop, J. & Chang, B.** 1981. Agroforestry for improvements of deforested mountains lands in Costa Rica: a pilot study. Trabajo presentado en el *VII. Congreso Mundial de IUFRO*, Kyoto, Japón. 6-12 septiembre 1981
- Janzen, D.H. & Martin, P.S.** 1982. Neotropical anachronisms: The fruits the gomphotheres ate. *Science* (Washington), 215(1):19-27.
- Jegou, D.; Waelput, J. J. y Brunschwig, G.** 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus sp.*) y Amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes. En: J. Benavides (ed) *«Arboles y arbustos forrajeros en América Central»*. Vol. I. Serie técnica, Informe técnico No. 236. Turrialba, C.R. CATIE. pp155-162.
- Jiménez, R.** 1983. Situación forestal y medidas proteccionistas. En: *El componente arbóreo en Acosta y Puriscal, Costa Rica*. Ed. por J. Heuveldop y L. Espinoza. CATIE, Turrialba, C.R. p27-32.
- Libreros, H.F., Benavides, J.E., Kass, D. y Pezo, D.** 1993a. Productividad de una plantación asociada de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y King Grass (*Pennisetum purpureum x P. typhoides*). I. Efecto de la adición de follaje al suelo sobre la producción y calidad de la biomasa. En: *Seminario Centroamericano y del Caribe*

- sobre *Agroforestería y Rumiantes Menores*. Memorias. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- López, G.Z., Benavides, J.E., Kass, M. y Faustino, J. 1993. Efecto de la frecuencia de poda y la aplicación de estiércol sobre la producción de biomasa de Amapola (*Malvaviscus arboreus*). En: *Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. Memorias*. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- López, G.Z., Benavides, J.E., Kass, M. y Faustino, J. 1993. Efecto de la suplementación con follaje de Amapola (*Malvaviscus arboreus*) sobre la producción de leche en cabras estabuladas. En: *Seminario Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. Memorias*. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- Medina, J.M. 1994. Observaciones sobre el consumo de follaje de Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), Tiguilote (*Cordia dentata*) y pasto Guinea (*Panicum maximum*) por cabras semi-estabuladas. En: «*Arboles y arbustos forrajeros en América Central*». J. Benavides (ed.) CATIE, Turrialba, Costa Rica. p249-256.
- Medina, J.M., Rouyer, B., Tejada, M., Layus, M. y Boiron, B. 1991. Evaluación preliminar de producción de biomasa de nueve especies de árboles en plantaciones naturales. En: *Reunión Anual del Programa de Cabras. Memorias*. Tegucigalpa, C.R. CATIE. p.irr. (mimeo.).
- Mendizábal, G., Arias, R., Benavides, J.E.; Ríos, E. y Marroquín, F. 1993. *Utilización del follaje de plantas silvestres en la alimentación de rumiantes, en el Altiplano Occidental de Guatemala*. s.n.t. 33 p. Sin publicar.
- Meza, T.A. y Bonilla, H. 1990. *Áreas naturales protegidas de Costa Rica*. Ed. Tecnológica de Costa Rica. Cartago, C.R. 320p.
- Minson, D.J. & Mcleod M.N. 1970. The digestibility of temperate and tropical grasses. *Proc. XI Int. Grassl. Congr.*, Surfers Paradise, Queensland, Australia. p719-722.
- Morales, M.A. 1983. Preferencias alimenticias entre dos especies de herbívoros (ganado vacuno y venado cola blanca). En: *Conservación y manejo de la fauna silvestre en América Latina*. (Simposio, 10-11 oct., 1983, Arequipa, Perú). Contribuciones. Aguilar F., P.G., Ed. Lima, Perú. WWF/APECO. p.99
- National Geographic Society. 1992. *The coexistence of indigenous peoples and the natural environment in Central America*. Color (mapa).
- Oviedo, J. F. 1995. *Morera (Morus sp.) en asocio con Poró (Erythrina poeppigiana) y como suplemento para vacas lecheras en pastoreo*. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86p.
- Oviedo, F.J., Benavides, J.E. y Vallejo, M. 1993. Evaluación bioeconómica de un módulo agroforestal con cabras en el trópico húmedo En: *Sem. Centroamericano y del Caribe sobre Agroforestería y Rumiantes Menores. Memorias*. Turrialba, Costa Rica. Comisión Nacional para el Desarrollo de la Actividad Caprina. p. irr. s.p. Sin publicar.
- Raun, N.S. 1982. The emerging role of goats in world food production. III International Conference of Goat Production and Disease, Tucson, Ariz., EE.UU. Proceedings. *Dairy Goat Journal* p133-141.

- Reyes, E. y Medina, J.M. 1992. Comportamiento alimenticio de cabras pastoreando y ramoneando en un sitio de matorral de la zona Sur de Honduras. En: *Sem. Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores Memorias*. s.n.t. s.p.
- Rodríguez, Z., Benavides, J.E., Chaves, C. y Sánchez, G. 1987. Producción de leche de cabras estabuladas alimentadas con follaje de Madero negro (*Gliricidia sepium*) y de Poró (*Erythrina poeppigiana*) y suplementadas con plátano pelipita (*Musa* sp. cv. «Pelipita»). In *Gliricidia sepium (Jacq.) Walp.: management and improvement Proceedings of a Workshop*. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Honolulu, Hawaii, EE.UU., NFTA. p212-216.
- Rojas, H. 1992. *Análisis económico de la producción de leche de cabras alimentadas con diferentes niveles de Morera (Morus sp.) como suplemento al King grass (Pennisetum purpureum x P. typhoides)*. Borrador de informe de práctica dirigida para obtener el título de bachiller. San José C.R., Univ. Estatal a Distancia. s.p.
- Rojas, H. y Benavides, J.E. 1992. Producción de leche de cabras alimentadas con pasto y suplementadas con altos niveles de Morera. En: *Sem. Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores Memorias*. s.n.t. s.p.
- Sands, M.W. 1983. Las cabras y la desertificación. Turrialba, C. R. CATIE. 23p. In *Curso Intensivo de Producción Caprina*. (1983, Turrialba, C.R.). p.irr.
- Skerman, P.J., Cameron, D.G. y Riveros, F. 1991. *Leguminosas forrajeras tropicales*. Roma, FAO. 707 p.
- Skerman, P.J. y Riveros, F. 1992. *Gramíneas tropicales*. Roma. FAO. 850 p.
- Stobbs, T.H. 1975. Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Tropical Grasslands* 9(2):141-150.
- Tosi Jr., J.A. y Voertman, R.F. 1977. Máximo aprovechamiento de los bosques. México. *Bosque y fauna*. 14(1):18-30.
- UNESCO. 1979. *Tropical grazing land ecosystems*. France. UNESCO/FAO. 665p.
- Vallejo, M., Lapoyade, N. y Benavides, J.E. 1993. Evaluación de la aceptabilidad de forrajes arbóreos por cabras estabuladas en Puriscal, Costa Rica. En: *Seminario Centroamericano de Agroforestería y Rumiantes Menores Memorias*. s.n.t. s.p.
- Vallejo, M.A. 1995. *Efecto del premarchitado y la adición de melaza sobre la calidad del ensilaje de diferentes follajes de árboles y arbustos tropicales*. Tesis Mag.Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 98 p.

Follaje de yuca (*Manihot esculenta*) como fuente proteica para la producción animal en sistemas agroforestales

**T R Preston, Lylian Rodríguez, Nguyen Van Lai y
Le Ha Chau**

College of Agriculture and Forestry, Thu Duc, Vietnam

SUMMARY

Traditionally, cassava is considered to be a short season crop for tuber production. However, it can be converted into a semi-perennial crop with foliage harvesting at 50-60d intervals. The key factor in managing cassava for forage is the application of large quantities of organic fertilizer to compensate for the large extraction of nutrients, especially N. Associated cropping with legume trees and shrubs promises to be an alternative strategy for sustaining productivity. The potential of cassava as a forage crop is derived from its capacity to produce protein of high quality. At densities of 50,000 stalks/ha, and with goat manure at about 100ton/ha/year), it appears possible with harvests at 2 month intervals to produce up to 3ton protein/ha/year. Trial plots in La Finca Ecologica have been in production for over two years with only slight reduction in biomass yield mainly due to decline in plant population. Toxic cyanide compounds are not a problem for ruminants since are degraded by rumen micro-organisms. For monogastric animals, the foliage must be processed by drying or ensiling which effectively reduces cyanide to levels that can be tolerated. It seems that in ruminant diets of high energy but low protein content, the fresh or sun-dried cassava foliage acts as a source of bypass protein. The ensiled cassava leaves are consumed well by pigs and apparent dry matter digestibility is about 75%. The amino acid profile is similar to that in soya beans. As the only supplement to feeds with

negligible protein content, the intake of ensiled cassava leaves by growing pigs can reach 25-30% of the diet supplying from 9 to 10% protein (both figures on dry matter basis).

INTRODUCCIÓN

Se han realizado muchos trabajos con el uso del follaje de la yuca en la alimentación animal pero en la mayoría de los casos son sobre el secado de las hojas y el uso de la harina en dietas de cerdos y aves (Ravindran, 1991). Tal forma de uso del follaje responde más bien a los intereses de los fabricantes de alimentos balanceados que a los productores de escasos recursos. Por tanto, en este artículo el enfoque principal será la producción de follaje y su utilización en sistemas agroforestales integrados para la producción animal intensiva.

ANTECEDENTES

Población, rendimiento y composición

Hace veintidós años en un seminario en Acapulco, México, fueron reportados rendimientos de forraje de yuca de 20,000kg de materia seca/ha en cuatro cortes durante un período de 11 meses con una población de 110,000 plantas/ha (Moore 1976). Este reporte motivó a un grupo de investigadores en República Dominicana para realizar una serie de ensayos con el objetivo de averiguar la posible utilización del forraje de yuca como alternativa a las harinas de pescado y de soya para proporcionar la proteína en sistemas intensivos de engorde de ganado con base en la melaza con urea (Meyreles *et al.*, 1977; Fernández *et al.*, 1978; Ffoulkes y Preston, 1978). Este grupo comprobó los altos rendimientos de materia seca con poblaciones de 53,000 plantas/ha (Cuadro 1).

Cuadro 1

Efecto de densidad de siembra sobre el rendimiento de la yuca cosechada a la 4 meses para forraje

Densidad (Plantas/ha)	Peso fresco		Rendimiento
	(kg/planta)	(kg/ha)	(kg MS/ha)
10 000	1,89	19 687	3 821
14 000	1,87	25 972	5 041
17 000	1,63	27 087	5 832
53 000	0,99	52 470	10 861

Los datos sobre la composición de la parte aérea de la yuca demuestran el alto potencial de esta planta como fuente proteica (Cuadro 2).

Cuadro 2

Composición de la parte aérea de la yuca cosechada para forraje a los 90 días

	Hoja	Pecíolo	Tallo
Proporción (%en base seca)			
Moore 1976	52	15	33
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	47	15	38
Contenido de MS (%)			
Moore 1976	29	18	16
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	29	15	17
N*6,25 (% MS)			
Moore 1976	29	11	11
Meyreles <i>et al.</i> , 1977	28	12	11

Como en la mayoría de los árboles y arbustos, la concentración de proteína en las hojas casi no cambia con la edad. En el Cuadro 3, se presentan las regresiones entre la edad al primer corte y el contenido proteico de las tres fracciones del forraje. Para las hojas, la concentración de proteína casi no cambia, mientras que en los pecíolos y los tallos el nivel proteico desciende marcadamente al extenderse la edad de corte.

Cuadro 3

Regresiones lineales entre edad al primer corte (X en meses) y nivel proteico en elementos del forraje (Y en % en MS)

Hojas	$Y = 27,5 + 0,24X$ ($r^2 = ,08$)
Pecíolos	$Y = 17,5 - 1,86X$ ($r^2 = 0,90$)
Tallos	$Y = 18,7 - 2,67X$ ($r^2 = 0,98$)

Fuente: Meyreles *et al.*, 1977

En contraste, las proporciones de los componentes del follaje si cambian (Cuadro 4), incrementando la cantidad de tallos y decreciendo la cantidad de hojas y pecíolos a medida que se prolonga la edad al momento del corte.

El follaje como suplemento

En la década de los setentas, cuando fue económicamente factible el uso de altas cantidades de melaza-urea como base de dietas de engorde de ganado (Preston y Willis, 1974), la gran inquietud fue poder encontrar un forraje capaz de reemplazar tanto la proteína como la fibra en tales dietas

Cuadro 4

Regresiones lineales entre la edad al primer corte (X en meses) y los porciento de hojas, pecíolos y tallos en la yuca manejada para forraje (Y).

Hojas	$Y = 48,0 - 5,04X$ ($r^2 = 0,93$)
Pecíolos	$Y = 28,9 - 3,35X$ ($r^2 = 0,61$)
Tallos	$Y = 23,1 + 8,37X$ ($r^2 = 0,82$)

Fuente: Meyreles *et al.*, 1977

líquidas que carecían de ambos elementos. La *Leucaena leucocephala* dio excelentes resultados en este sentido (Meyreles *et al.*, 1982), pero el gran limitante fue la baja disponibilidad a nivel del productor y, aún más importante, los altos costos de su manejo en sistemas de corte, debido al pobre rendimiento al corte. En cambio, la yuca se encuentra en todas partes del trópico, la cosecha del forraje es fácil y eficiente y puede también ser utilizada para la alimentación humana en caso de necesidad.

La alta tasa de ganancia de peso al proporcionar el follaje de yuca como fuente única de proteína y fibra en la dieta (Cuadro 5) indica que parte de la proteína del follaje de la yuca se escapa de la fermentación ruminal. La adición de harina de soya sí aumentó la ganancia con follaje de batata (*Ipomoea batatas*) pero que no tuvo efecto cuando la yuca era el follaje, implica que la hoja de yuca si funciona por lo menos parcialmente como fuente de proteína sobrepasante.

A pesar de los resultados tan alentadores en este ensayo, el uso de la yuca como forraje proteico para la producción animal no tuvo impacto. Probablemente, la razón fue la falta de entender en aquella época la importancia del alto nivel de extracción de nutrientes del suelo al cosechar repetidamente el follaje de yuca., ya que a partir del tercer corte el rendimiento descendió marcadamente. Como ha sido señalado por Benavides en esta teleconferencia, el uso en sistemas de corte de cultivos forrajeros de alta productividad y alto nivel nutricional, como son la

Cuadro 5

Comparación de los follajes de yuca y de batata como única fuente de proteína y fibra en dietas de melaza-urea y efecto de suplementación con harina de soya.

Harina de soya (g/d)	0	0	400	400	
Tipo de follaje	Yuca	Batata	Yuca	Batata	SE/Prob
Peso vivo (kg)					
Inicial	204	217	227	218	
Final	317	287	349	316	
Ganancia (kg/d)	0,853	0,570	0,94	0,78	±0,08/0,02
Consumo (kg/d)					
Melaza-urea	4,54	4,75	5,82	4,83	
Follaje	8,68	10,6	9,24	11,2	
Materia seca	5,36	4,72	6,79	5,28	±0,35/0,12

Fuente: Foulkes y Preston, 1978

morera y la yuca, exige la aplicación de altas cantidades de fertilizantes con el fin de reemplazar los nutrientes extraídos del suelo por estas plantas.

AVANCES RECIENTES

El actual interés en el follaje de la yuca es un paso lógico en el camino del desarrollo de sistemas agroforestales que simulen los ecosistemas naturales de los bosques tropicales. El potencial del follaje de la yuca desde el punto de vista nutricional, tanto para los rumiantes como los animales monogástricos, ha sido claramente señalado en la evaluación de diez tipos de hojas de árboles, arbustos y residuos de cosecha realizada por Nguyen Van Lai (datos no publicados) (Cuadro 6).

De mayor importancia son los avances en el cultivo de esta planta. En la Finca Ecológica (Universidad de Agricultura y Bosques, Thu Duc, Vietnam), y en campos de productores, en Vietnam, se están promoviendo dos sistemas de fertilización: la aplicación de altos niveles de estiércol de cabras (alrededor de 20 toneladas/ha 3 veces al año) y su siembra en asociación con leguminosas en sistemas agroforestales (se están evaluando *Gliricidia sepium*, *Sesbania sesban* y *Flemingia macrophylla*). Resultados preliminares de la primera alternativa (Cuadro 7)

Cuadro 6

Pérdida de materia seca de 10 recursos tropicales a 48h en la prueba *in sacco* y durante 90min en la lavadora.

	In sacco 48h	Lavado 90min
<i>Gliricidia</i>	61	43,2
Yuca	61	47
Leucaena	58	46
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	50	32,6
Banano	47	38
<i>Indigofera teysami</i>	45	38
<i>A. mangium</i>	31,5	28,7
<i>A. auriculiformis</i>	30	25
Hoja de caña de azúcar	30	15
Paja de arroz	25	20

Fuente: Nguyen Van Lai, datos no publicados, 1998.

demuestran un alto rendimiento de hojas y las observaciones de parcelas pequeñas indican que estas tasas de producción se puede mantener por lo menos durante un año, siempre y cuando se apliquen altas dosis de estiércol.

Con rendimientos de follaje de 0,9, 0,7, 0,5 y 0,3kg/m² para las cosechas sucesivas cada 56 días durante el resto del año, la producción total de follaje fresco llegaría a los 48 ton/ha/año. Rendimientos similares han sido reportados en Tailandia (Wanapat *et al.*, 1997).

Es importante notar el rendimiento de la yuca a nivel de los productores en la parte central de Vietnam donde la costumbre es la siembra para la obtención de la raíz, con distancia entre surcos de 1,5m. El rango en el rendimiento de follaje (hojas + pecíolos) fue desde 0,1 a 0,4kg/m² (base fresca). Los productores piensan que las variedades locales producen más follaje. La edad al corte fue de 4 meses y el productor con más alto rendimiento estaba usando estiércol de cerdo como fertilizante. Los ensayos de siembras asociadas «yuca-leguminosa» están en la fase preliminar y todavía no hay datos confiables.

Cuadro 7

Rendimiento de la yuca como forraje en parcelas comerciales en la «Finca ecológica» (Thu Duc, Vietnam)

Fecha de siembra	Febrero 1998
Densidad (plantas/ha)	100,000
Fertilización, estiércol de cabras, (kg/m ²)	1,8
Primera cosecha	
Edad a la cosecha (d)	71
Área cosechada (m ²)	295
Rendimiento total (tallo, pecíolo, hojas) (kg)	378
Rendimiento (kg/m ²)	1,3
Proporción hojas+pecíolos (%)	70
Rendimiento de hojas+pecíolos (kg/m ²)	0,90
Segunda cosecha	
Intervalo desde la primera cosecha (d)	54
Rendimiento (kg/m ²)	1,1

Fuente: Rodríguez Lylian, datos no-publicados.

USO DEL EFLUENTE DE LOS BIODIGESTORES COMO ABONO PARA LA YUCA

Un avance reciente de gran importancia para el uso integral de los recursos tropicales ha sido el desarrollo y promoción de los biodigestores plásticos de bajo costo (Bui Xuan An *et al.*, 1997). El efluente residual de la digestión anaeróbica del estiércol parece que reúne características que lo hacen superior como fertilizante que el estiércol fresco. Al comparar el efluente y el estiércol procedente de cerdos y bovinos (sin diferencias entre especies) como fertilizante para la yuca, resultó mejor el efluente en términos del contenido de proteína en el follaje comestible (hojas + pecíolo) así como en su rendimiento por hectárea (Cuadro 8).

LAS HOJAS DE YUCA COMO SUPLEMENTO PROTÉICO**Rumiantes**

En Tailandia se está promoviendo el uso del follaje de la yuca como suplemento para vacas lecheras (Wanapat *et al.*, 1997). En tal caso se ha escogido la henificación como método para procesar el follaje. Los

Cuadro 8**Fertilización de yuca con estiércol o su efluente después de ser pasado por un biodigestor (promedio de dos cortes)**

	Efluente	Estiércol	SE/Prob
Composición			
Hojas* (% del follaje)	74,3	71,9	0,82/0,05
MS (% en hojas)	21,4	23,7	0,22/0,001
N*6,25 (% en hojas)	27,6	24,2	0,17/0,001
Rendimiento (kg/m²/corte)			
Follaje total	0,869	0,719	0,022/0,001
Hojas	0,643	0,517	0,015/0,001
Rendimiento (ton/ha/año)			
Hojas	38,6	31,0	
N*6,25	2,27	1,78	

* se incluyen hojas y pecíolos. # se supone un total de 6 cortes al año

Fuente: Le Ha Chau 1998, datos no-publicados.

resultados han sido alentadores del punto de vista del consumo y la digestibilidad (Cuadro 9).

Cuadro 9

Consumo voluntario y digestibilidad del heno de yuca como única componente de la dieta de novillos Holstein (el follaje incluye toda la biomasa al cortar la planta 15cm sobre el nivel del suelo.

	% base seca
Proteína	25
FDN	34
FDA	27
Digestibilidad y consumo	
Digestibilidad de la materia seca (%)	71
Consumo (kg/100 kg peso vivo)	3,2

Fuente Wanapat *et al.*, 1997.

El enfoque en Vietnam es el ensilaje ya que las condiciones climáticas dificultan el secado de la hoja. El ensilaje es sencillo y consiste en:

- Separación de las hojas y pecíolos del tallo
- Picado de las hojas y pecíolos a mano o con máquina
- Adición de melaza a un 5% del peso total
- Mezcla cuidadosa
- Empaque de la mezcla en bolsas plásticas o en cualquier recipiente disponible.

Diversos estudios se han hecho sobre el efecto del procesamiento de las hojas en la concentración de ácido cianhídrico en el producto final. Parece que a partir de la sexta semana de ensilaje, la concentración disminuye a niveles no tóxicos para los animales monogástricos que son sensibles a este compuesto (Cuadro 10).

En el caso de los rumiantes el proceso de digestión fermentativa en el rumen neutraliza el efecto del ácido cianhídrico y no se han reportado problemas aún suministrando el follaje en forma fresca. De hecho, se ha observado en Tailandia (T. Siitiola, comunicación personal) que el

alimentar las vacas lecheras con heno del follaje de yuca conlleva a una prolongación de la vida útil de la leche fresca, facilitando así la recolección de la leche en situaciones donde no se cuenta con equipos de refrigeración a nivel de finca.

Cuadro 10

Duración del período del ensilado y concentración de ácido cianhídrico en la materia seca de las hojas de la yuca

Semanas	ácido cianhídrico (mg/kg MS)
0	400
1	336
2	312
3	280
4	240
5	200
6	128
7	100
8	96

Fuente: Nguyen Van Lai, datos no-publicados.

Cerdos

Se han hecho dos ensayos con las hojas ensiladas de la yuca usando fuentes energéticas esencialmente libres de proteína como son el jugo de la caña de azúcar y el raíz de la yuca (Cuadros 11 y 12). En el primer ensayo (Cuadro 11) cuando se compararon cuatro fuentes de hojas, el ensilaje de las hojas de yuca fue superior a los demás tratamientos en retención de nitrógeno, tanto en gramos diarios como en porcentaje del N digerido. Los lechones llegaron a comer 25% de la MS de su dieta en forma de ensilaje de hojas de yuca. En cambio, el follaje fresco de «caupí» tuvo muy pobre aceptación.

En el segundo ensayo, se comparó el ensilaje de las hojas de yuca con la lezna fresca, usando dos fuentes de energía; el jugo de la

Cuadro 11

Valores promedios para consumo de hojas, digestibilidad aparente y retención de N en lechones de raza local (Mong Cai) recién destetados. La fuente energética fue jugo de caña de azúcar y las fuentes de hojas fueron el Caupí, ensilaje de hojas de yuca (EHY) y una mezcla [50:50] de hoja de yuca y *Trichanthera gigantea* (TG), y la biomasa fresca de Lemna, suministrados a voluntad.

	Caupí	EHY +TG	Lemna	EHY	ES/Prob
Hojas (% MS)	3,76	24,7	25,0	25,5	±1,99/0,001
Proteína de hojas (%)	70,3	95,4	95,8	96,0	
Proteína (%de MS)	1,42	7,13	7,83	8,21	
Digestibilidad (%)	93,7	90,1	91,0	89,4	±0,091/1,17
Retención de N (g/d)	-0,89	1,49	1,43	2,52	±0,091/0,001
Retención de N, (% del N digerido)	#	51,6	52,0	67,2	±3,6/0,02

la retención fue negativa

Fuente: Du Thanh Hang *et al.*, 1997.

caña y la raíz ensilada de la yuca (Cuadro 12). La única tendencia fue para la digestibilidad del nitrógeno, siendo inferior el ensilaje de las hojas de la yuca comparado con la lemna, manifestándose la diferencia con ambas fuentes energéticas con probabilidades de $P=0.22$ (Mong Cai) y $P=0.09$ (Large White). Al igual que en el ensayo anterior, fue alta la retención de N como porcentaje del N digerido, sin diferencias significativas entre las dos fuentes proteicas. Esto indica un adecuado balance de aminoácidos esenciales en estas fuentes vegetativas de proteína.

CONCLUSIONES

La yuca manejada como planta forrajera en sistemas integrados tiene un alto potencial para la producción de proteína de alto valor nutritivo. Sembrada en densidades de más de 50,000 tallos/ha y con una alta tasa de fertilización con abono orgánico (del orden de 100ton/ha/año) puede llegar a producir hasta 3 ton de proteína por ha/año. La hoja de yuca contiene altas cantidades de ácido cianhídrico que para los rumiantes no presenta problema gracias al proceso de detoxificación de estos elementos por los microorganismos del rumen. En contraste, para animales monogástricos la hoja de yuca debe ser secada al sol o ensilada en

condiciones anaeróbicas para reducir su toxicidad a tal punto que no cause problemas en los animales monogástricos.

Los datos disponibles indican que el follaje de la yuca, al ser suministrado a los rumiantes en forma fresca o como heno, actúa como fuente de proteína sobrepasante. Por tanto puede ser una alternativa a las fuentes proteicas convencionales como son las harinas de soya, de maní y de pescado.

Las hojas ensiladas de la yuca son bien consumidas por los cerdos y la materia seca es de alta digestibilidad. En dietas casi libres de N como son el jugo de la caña de azúcar y la raíz ensilada de la yuca; el consumo del ensilaje de las hojas de la yuca puede llegar hasta 25-30% de la material seca total de la dieta, así aportando entre 9 y 10% de proteína en la materia seca de la dieta. Hace falta comprobar hasta que punto estos resultados a nivel experimental pueden ser transformados en recomendaciones prácticas para los productores.

Cuadro 12

Valores promedios para consumo de hojas, digestibilidad aparente y retención de N en lechones de raza local (Mong Cai) y exótica (Large White) recién destetos. La fuente energética fue jugo de caña de azúcar (JC) o raíz ensilada de yuca (RYE) y las fuentes de hojas el ensilaje de hojas de yuca (HYE) o la biomasa fresca de la lezna (L). Las hojas ensiladas contenían 4.13% de N en la MS; la lezna contenía 5.45% de N.

	HYE+RYE	L+RYE	HYE+JC	L+JC	ES/Prob.
Consumo MS (g/d)					
Mong Cai	228	209	298	262	44/0,55
Large White	303	256	308	262	39/0,70
Hojas en la dieta					
MS (g/kg)					
Mong Cai	384	370	343	259	60/0,51
Large White	349	272	362	259	59/0,55
Digestibilidad de MS (g/kg)					
Mong Cai	858	824	879	870	30/0,67
Large White	852	863	892	881	30/0,80
Digestibilidad de N (g/kg)					
Mong Cai	564	669	583	651	36/0,22
Large White	598	654	612	716	28/0,09
Retención de N (g/d)					
Mong Cai	1,54	2,30	2,07	2,28	0,3/0,34
Large White	2,20	2,29	2,70	2,61	0,3/0,63
Retención de N (g/kg N digerido)					
Mong Cai	727	789	717	721	32/0,40
Large White	724	816	772	766	34/0,40

Fuente: Nguyen Van Lai et al., 1998.

BIBLIOGRAFÍA

- Bui Xuan An, Preston, T.R. & Dolberg, F.** 1997 The introduction of low-cost polyethylene tube biodigesters on small scale farms in Vietnam. *LRRD* 9(2)
- Du Thanh Hang, Nguyen Van Lai, Rodríguez Lylian & Ly, J.** 1997 Nitrogen digestion and metabolism in Mong Cai pigs fed sugar cane juice and different foliages as sources of protein. *LRRD*. 9(2).
- Fernández, Angela & Preston, T.R.** 1978 Cassava forage as a fibre and protein supplement in molasses-based diets: effect of level of forage and supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production*. 3(2):109-113.
- Foulkes, D., Done, F. & Preston, T.R.** 1978 Cassava forage as a cattle feed: apparent digestibility and consumption of the whole forage. *Tropical Animal Production*. 3(3):234-236.
- Meyreles ,Luz, Macleod, N.A. & Preston ,T.R.** 1977 Cassava forage as a source of protein: effect of population density and age at cutting. *Tropical Animal Production*. 2(1):18-26.
- Meyreles, Luz, Pound, B. & Preston, T.R.** 1982 The use of *Leucaena leucocephala* or sugar cane tops as sources of forage in cattle diets based on molasses/urea supplemented with chicken litter and/or wheat bran. *Tropical Animal Production*. 7(2):92-97.
- Moore, C.P.** 1976 El uso de forraje de yuca en la alimentación de rumiantes. *Seminario Internacional. de Ganadería Tropical*, Acapulco, Mexico.
- Nguyen Van Lai & Rodríguez, Lylian** 1998 Digestion and N metabolism in Mong Cai and Large White pigs having free access to sugar cane juice or ensiled cassava root supplemented with duckweed or ensiled cassava leaves. *LRRD* 10(1).
- Preston, T.R. & Willis, M.B.** 1974 *Intensive Beef Production*. 2nd Edition, Pergamon Press Ltd: Oxford.
- Preston, T.R. & Foulkes, D.** 1978 Cassava or sweet potato forage as combined sources of protein and roughage in molasses based diets: effect of supplementation with soybean meal. *Tropical Animal Production*. 3(3):186-192.
- Ravindran, V.** 1991 Preparation of cassava leaf products and their use in animal feeding. In: *Roots, tubers, plantains and bananas in animal feeding* (Editors: D H Machin and A W Speedy). FAO Animal Production and Health Paper. Number 95: 111-126.
- Wanapat, M.; Pimpa, O.; Petlum, A. & Boontao, A.** 1997 Cassava hay: A new strategic feed for ruminants during the dry season. In: *Better use of locally available feed resources in sustainable livestock based agricultural systems in SE Asia*. FAO Regional Project. GCP/RAS/143/JPN (Phnom Penh, Cambodia) p26-29.

Conclusiones y evaluación de la conferencia electrónica

Mauricio Rosales M*, Enrique Murgueitio*, Héctor Osorio*, Andrew Speedy y Manuel Sánchez**.**

* Fundación CIPAV, Cali, Colombia.

** Dirección de Producción y Sanidad Animal, FAO, Roma, Italia

JUSTIFICACIÓN

A partir de los acuerdos internacionales celebrados en Río de Janeiro en 1992 (Agenda 21, Convenciones sobre el Cambio Climático Global y la Biodiversidad), existe un proceso a nivel mundial que tiene como principal objetivo revisar los efectos de la producción animal (ganadería en el término más amplio que incluye todas las especies animales domésticas y semi-domésticas) sobre el medio ambiente. Aunque hay diferentes visiones sobre los problemas generados de la ganadería extensiva y estos varían de una región a otra y de un país a otro, existen ahora consensos importantes sobre los impactos más preocupantes, entre los que se destacan la deforestación de los bosques tropicales, la erosión y compactación de los suelos frágiles, las emisiones de gases nocivos para la atmósfera (efectos de invernadero y daño en la capa de ozono), contaminación de aguas, eutroficación de zonas costeras, cambios en la cobertura vegetal y disminución de la biodiversidad. A los países de Latino América les corresponde una inmensa responsabilidad en el concierto mundial, por ser uno de los lugares donde la diversidad biológica tiene mayor representación en el planeta con más del 50% de las especies vivas conocidas en la mayor reserva de áreas de bosques tropicales (450 millones de ha), y porque la ganadería es el sistema que ocupa la mayor área de la frontera agropecuaria con cerca de dos millones de hectáreas que anualmente se deforestan y en su mayoría pasan a

sistemas ganaderos extensivos del territorio destinado a pastizales. Los sistemas agroforestales, dentro de los que se ubican los silvopastoriles, sistemas de cosecha de árboles y arbustos forrajeros y el uso de la sucesión vegetal (enrastramiento, barbechos) de potreros, etc., ofrecen una amplia oferta de opciones para hacer una ganadería más amigable con la diversidad biológica y el manejo de suelos y aguas. Estos sistemas aplicados a la producción animal, han demostrado las ventajas económicas, ambientales y sociales de una forma más sostenible de realizar la ganadería en el continente Latinoamericano.

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta primera conferencia fue dar a conocer y discutir diferentes sistemas agroforestales que permitan una intensificación sostenible de la producción pecuaria en las zonas tropicales de América Latina.

El objetivo secundario fue tratar los aspectos científicos, técnicos y prácticos que ayuden a entender, desde los puntos de vista ambiental, biológico y socio-económico, los principios básicos, las ventajas y las limitantes para el desarrollo y aplicación de la agroforestería en América Latina.

Esta conferencia hace parte de un proceso dirigido a construir las bases para una política sobre ganadería tropical sostenible en América latina en el cual participarán organizaciones como FAO, institutos internacionales de investigación, agencias de cooperación internacional, Ministerios de Agricultura, Ganadería y Medio Ambiente, organizaciones gubernamentales, Universidades y ONGs entre otras.

DESARROLLO DE LA CONFERENCIA

La conferencia electrónica operó desde el 1 de Abril de 1998 por espacio de 5 meses. Se publicaron 24 artículos y se recibieron cerca de 100 comentarios. La conferencia brindó a los participantes contribuciones de alta calidad, sin resultar en una carga excesiva de información.

EVALUACIÓN

Para la evaluación se pidió a los participantes que contestaran en forma voluntaria una encuesta. Hasta ahora se han recibido 50 respuestas a la encuesta lo que constituye una muestra del 18% sobre el total de participantes. La información sobre el país del participante se recolectó de la dirección electrónica. En algunos casos no fue posible obtener esta información, sin embargo, la muestra fue de 266 participantes de diferentes países lo cual representa el 97,5% del total de participantes.

Participantes y participación

En la conferencia participaron 273 personas de 38 países diferentes. De ellos, 48 personas participaron activamente ya fuera a través del envío de artículos o de comentarios, lo que equivale a un 17% de participación activa. Esto pudiese ser considerado como una baja participación, sin embargo no lo es, ya que esta cifra es lo esperado para este tipo de eventos.

De las personas que contestaron la encuesta, 8 eran mujeres, lo que pudiese representar un 16% de participación femenina en la conferencia.

Cuadro 1

Perfil de los participantes

Tipo de Cargo	% de los participantes
Investigadores	24
Profesores	24
Estudiantes	14
Consultores y Asesores	14
Cargos ejecutivos (Directores, vicepresidentes)	12
Coordinadores de Programa	10
Editores de publicaciones científicas	2

De acuerdo con el Cuadro 1, un elevado porcentaje de los participantes eran investigadores y profesores universitarios (o ambos). Un alto porcentaje correspondió también a personas con algún poder de toma de decisiones (cargos ejecutivos y coordinadores de programa). El resto de la participación se dividió casi por partes iguales entre consultores y asesores, y estudiantes. Estos último fueron casi en su totalidad (6 entre 7)

estudiantes de postgrado en países distintos a su lugar de origen. Esto pudiese mostrar que la participación de estudiantes de pregrado, fue mínima, debido quizás a un limitado acceso a las facilidades electrónicas en su país.

Casi la mitad del área de especialización de los participantes, fue el área de producción animal. El resto de los participantes estaban especializados en las áreas ambiental, agrícola y forestal principalmente. Los productores estuvieron representados en un 1,4%.

Cuadro 2

Área de especialización de los participantes

Área	% de los participantes
Animal	46,4
Medio ambiente	19,7
Forestal	14,0
Agrícola	12,6
Social	2,8
Transferencia de tecnología y agricultura urbana	2,8
Productor	1,4

Dado el rango tan amplio de los participantes, en términos de profesión, cargo e institución donde laboran, sus áreas de interés también demostraron ser muy variadas (Cuadro 3).

Muchos de estos temas fueron cubiertos por las ponencias presentadas en la conferencia electrónica. Sin embargo, un amplio número de los participantes que respondieron a la encuesta, sugirieron que se tuvieran en cuenta para futuras conferencias los temas que no se profundizaron o trataron en la actual conferencia electrónica.

Perfil de las instituciones participantes

La mayoría de personas participó desde una institución universitaria. Esto refleja la alta participación de profesores universitarios y de estudiantes de postgrado. Los gobiernos locales tuvieron una alta representación.

La mayoría de los participantes provenían de instituciones cuya área de influencia era Latino América y el Caribe (77,5%) Esto es un indicador de que la mayor cobertura de la conferencia se dió en el ámbito latino

Cuadro 3

Áreas de interés de los participantes

Agroforestería: sistemas agroforestales para indígenas, sistemas agroforestales para pequeños productores rurales, sistemas silvopastoriles, interacciones suelo-planta (árbol pasto)- animal, silvicultura, bancos de proteína.

Forestal: ecología forestal, etnobotánica forestal.

Agronomía: suelos y aguas, fitomejoramiento, manejo y conservación de suelos, metabolismo en plantas.

Ciclo de Nutrientes: reciclaje de nutrientes, pedología (ciclo del nitrógeno), metales pesados en plantas superiores, nutrición mineral en plantas.

Producción Animal: sistemas simples de cria de conejos y cuyes en el medio rural, rumiantes (leche, carne), pequeños rumiantes, investigación y desarrollo de ganadería bovina de doble propósito, reproducción animal, biodiversidad animal.

Nutrición Animal: forrajes, follaje de árboles multipropósito y granos de leguminosas, usos de recursos locales, uso de subproductos agrícolas, cinética de la digestión ruminal.

Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria: alternativas para explotaciones lecheras no convencionales, sistemas de producción en el contexto de la agricultura urbana, avance de la frontera agrícola hacia el bosque tropical húmedo

Diseño y Evaluación de Sistemas Sostenibles de Producción: análisis interdisciplinario y su aplicación para la construcción de sistemas de producción-conservación, indicadores biológicos de sostenibilidad en sistemas de producción agropecuaria, sistemas de información geográfica como una herramienta para monitoreo de salud medio ambiental.

Medio Ambiente: conservación y equilibrio del medio ambiente, manejo ambiental, manejo de los recursos naturales, monitoreo medioambiental, recuperación de áreas degradadas, desertificación.

Social: planificación del uso de las tierras, ecología cultural, antropología, manejo de recursos naturales de los pueblos indígenas

americano como era su objetivo. El dato de área de influencia global considera también las universidades.

Participación por países

El Cuadro 1 muestra que a pesar de ser una conferencia dirigida a Latino América, alcanzó un carácter casi global. El único continente que no tuvo representación fue África. Los participantes tanto de Europa como de Asia y Oceanía, se distribuyeron entre personas nativas interesadas en la problemática presentada y estudiantes latino americanos en estos países.

En el caso de Norte América, hay probablemente un alto porcentaje de participación de estudiantes latinos. También se contabilizaron en esa región direcciones electrónicas provenientes de servidores comerciales proveedores de servicios gratis de correo electrónico que se acceden mediante el Internet. Esto significa que el participante bien pudo ser de un

Cuadro 4

Tipo de institución

Tipo	%
Universidad	38
Gobierno	32
Internacional	12
ONG	12
Privada (centros de investigación, Consultores particulares)	6

Cuadro 5

Área de influencia de la institución

Área de influencia	%
América del Sur	37
América Central	35,2
Global	18,5
Caribe	5,5
Asia y Oceanía	3,7
África	0

país diferente a Estados Unidos. Hubo muchas direcciones de este tipo, sin embargo, la gran mayoría fueron rastreadas al país de origen del participante utilizando máquinas de búsqueda del internet.

El 73% de los participantes pertenecían a un país de Latino América o de el Caribe. Es importante anotar que todos los países de América continental estuvieron representados en la conferencia a excepción de Guayana, Guayana Francesa y Suriname. El caribe estuvo representado por Cuba, Haití, República Dominicana y St. Vincent.

Considerando lo anterior, el éxito de la conferencia electrónica puede medirse en el rango tan amplio de países en que se distribuyó y a que cubrió totalmente el ámbito latino americano al cual estaba dirigida.

Cuadro 6

Participación por región (países) en la conferencia electrónica.

Región	Participantes	Países
Latino América y el Caribe	194	Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Haití, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Salvador, St. Vincent, Uruguay, Venezuela.
Europa	44	Alemania, Austria, Checoslovakia*, España, Francia, Grecia, Italia y Reino Unido.
Norte América	19	Estados Unidos y Canadá (incluye 7 servidores de educacionales (EDU) y 4 comerciales (COM) proveedores de servicios gratis de correo electrónico).
Asia y Oceanía	9	Australia, China, Nepal, Nueva Zelanda y Vietnam.

* No fue posible discernir si se trataba de la República Checa o de la República Eslovaca.

Calificación

Mediante la encuesta, se les solicitó a los participantes calificar la conferencia electrónica. Los resultados pueden verse en el Cuadro 7.

Cuadro 7**Calificación de la conferencia electrónica**

	Excelente	Buena	Regular	Mala
	% de los participantes			
Calificación				
general	58	42	0	0
Selección de temas	42	56	2	0
Calidad (contenido) de los artículos	40	60	0	0
Promedio general	46,7	52,7	0,6	0

De acuerdo al promedio general, el mayor porcentaje de los participantes (99,4%) calificó como excelente y buena la conferencia electrónica. Sólo un 0,6% consideró que la selección de los temas fue regular. El 58% de los participantes calificó de excelente la conferencia en general.

En cuanto a la rapidez de la disponibilidad de material, el 88% de los participantes consideró que un artículo por semana es adecuado, mientras que el 12% restante prefiere una conferencia más ágil de dos o más artículos por semana.

Se recibieron también un gran número de sugerencias. Estas se tendrán en cuenta para futuras conferencias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de 5 meses de trabajo, contamos ahora con una colección muy completa sobre el estado actual de la agroforestería en Latino América y su potencial. El consenso general es que la agroforestería es beneficiosa en términos de conservación del suelo, producción de biomasa y comportamiento animal. A este respecto, se presentaron resultados de Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Guatemala, México y Venezuela. Todos positivos, pero hacen énfasis en la necesidad de investigación, evaluación objetiva, y capacitación efectiva para promover el desarrollo

de sistemas más apropiados. Es necesario anotar que a pesar de muchos intentos no se pudo lograr un artículo sobre los sistemas silvopastoriles del NE de Brasil, donde se sabe que existe miles de hectáreas con *Prosopis-Opuntia*-pastos para la producción ganadera, que ha sido determinantes para la estabilidad de los ecosistemas en la zona.

Con el gran cuerpo de información técnica obtenida y acuerdo sobre los beneficios de la agroforestería, la pregunta que queda es ¿a partir de aquí, ¿hacia dónde proseguimos?. Existe investigación muy prometedora en forrajes de alta calidad, selección genética y beneficios de las mezclas, también como demostraciones exitosas de sistemas de producción integrados en todos los países. Pero el impacto es todavía menos que el esperado.

Existe ahora la necesidad de enfocarse en la escala del desarrollo y en la escala del impacto. Los sistemas agroforestales son apropiados para ser promovidos en grandes áreas de América Latina, incluyendo agroecosistemas en bosque húmedo y sabanas secas y lluviosas. Existe la necesidad de semilla, capacitación, extensión y apoyo institucional y gubernamental. Los sistemas mixtos basados en árboles han demostrado ser sostenibles y contribuir al bienestar de pequeños campesinos y también grandes productores. Ellos tienen el papel importante de maximizar la producción de biomasa y proteína animal y productos derivados, los cuales contribuirán a la seguridad alimentaria de la población futura. Esto refleja exactamente el mandato de las agencias internacionales y organismos donantes. También existe la necesidad de cooperación y comunicación entre instituciones y agencias, ya que la agroforestería es multidisciplinaria por naturaleza. Pero por sobre todo, debe existir una redirección de los fondos actuales destinados para cultivos, pasturas y programas de ganadería, hacia el desarrollo de sistemas integrados más sostenibles. Las conclusiones finales de esta conferencia se expresan a continuación:

- El contenido de los 24 trabajos escritos y el casi centenar de intervenciones realizadas durante la teleconferencia electrónica son pruebas evidentes del interés por los temas ambientales, relacionados

con el desafío de transformar las actividades ganaderas dominantes en el trópico de América, cuestionadas por otros sectores de la comunidad internacional.

- El resultado más notable de este proceso de intercambio fue la superación, en forma contundente, de la estrecha visión de los recursos «leñosos» (árboles, arbustos y otras plantas no gramíneas de pastoreo) que caracterizó durante algunos años el trabajo con unas pocas especies (géneros *Leucaena*, *Gliricidia* o *Erythrina*) bajo el enfoque de monocultivo.
- Después de la lectura de los trabajos y discusiones, queda claro que la agroforestería pecuaria se puede y se debe construir sobre principios ecológicos generales y con aplicaciones y desarrollos propios, según las condiciones específicas de los agroecosistemas y contextos sociales, culturales y económicos que están en interacción con éstos.

Los principios generales se pueden resumir en:

- Incremento de la diversidad vegetal involucrada en los distintos sistemas de producción pecuaria, dominados en América Latina tropical por modelos de monocultivos de gramíneas de pastoreo. Este incremento debe hacerse sobre el propio sistema de forrajes (matriz de pastos en la mayoría de las situaciones) y sobre las áreas adyacentes como una aplicación microregional de la ecología del paisaje (corredores biológicos, cercas vivas, setos, barreras de vegetación multi-propósito, bordes de bosque, orillas de ríos y cursos de agua).
- Reducción de los impactos negativos sobre los suelos ocasionados por la disminución de la biomasa vegetal debida a cambios estacionales, quemadas, aplicación de herbicidas, cosecha exagerada por parte de los animales y ocasionalmente plagas y enfermedades de los forrajes.
- Mitigación de los efectos del pisoteo de los animales en los suelos (compactación, reducción en la infiltración hídrica, deterioro de la estructura original y pérdida de algunos nutrientes) mediante la rotación e introducción de árboles y arbustos en los sistemas de pastoreo y mediante la estabulación total o parcial en los sistemas de corte y acarreo.

- Aumento de la complejidad estructural de la vegetación a través de dos o más estratos regulados mediante podas selectivas.
- Incremento del reciclaje de nutrientes a través de la optimización del pastoreo, la introducción de árboles y arbustos que fijen nitrógeno, movilicen el fósforo, incrementen la circulación de otros elementos de las capas más profundas del suelo y mejoren la actividad biológica a través de los aportes de hojarasca. En los sistemas de corte y acarreo, la distribución de excretas animales, ojalá con algún proceso previo de tratamiento (compostaje, lombricultura, biodigestión) permite no sólo mantener sino incrementar la fertilidad de los suelos.
- Reducción de los extremos de temperatura ambiental durante las épocas secas y/o del efecto desecante del viento a través de la propia vegetación arbórea y arbustiva, lo que contribuye al bienestar animal y a la actividad biológica de los suelos.
- Disminución del impacto erosivo de la lluvia y regulación del ciclo hídrico local.
- En la medida de lo posible, integración con otros sistemas de producción que puedan ofrecer subproductos para alimentar a los animales y/o aportar nutrientes al suelo: plantaciones forestales, avicultura, porcicultura, cultivos agroindustriales (caña de azúcar, banano, palma de aceite, cacao, soya, cítricos) o alimentarios (yuca, camote, maíz, frijol, arroz, frutales, plátano).
- Estudio y control permanente de la penetración de la luz solar que permita obtener un balance adecuado entre los diferentes estratos de vegetación.

Mediante una combinación adecuada de los principios anteriores, es posible incrementar en forma notable la eficiencia biológica y económica de los sistemas de producción animal del trópico americano con ventajas ambientales adicionales de interés global como la reducción de la deforestación, captación de ingentes cantidades de CO₂, incremento de la cobertura vegetal, reducción de la erosión en las cuencas hidrográficas y disminución en el uso de cereales importados, energía fósil y pesticidas. Tanto en los sistemas de silvopastoreo como en los de corte y acarreo, la eficiencia se puede traducir en disminución del área ocupada por la ganadería para destinarla a otros fines (bosques, agricultura, restauración,

conservación, turismo) y contribuir en forma significativa a evitar los conflictos de uso que caracterizan a las actividades pecuarias en la actualidad.

Existe ya en la región una base de conocimiento creciente sobre el papel de árboles, arbustos y otras plantas en la producción animal. Es indudable que buena parte de este conocimiento puede aplicarse en una variada gama de agroecosistemas que caracterizan a América Latina. Unas especies vegetales han recibido mayor atención por parte de los investigadores debido a sus características intrínsecas de calidad para la nutrición animal (bovinos, caprinos, ovinos, porcinos, aves campesinas), su producción de biomasa o su amplia capacidad de adaptación. El desarrollo de una mayor oferta de conocimientos depende de la continuidad de los trabajos en todos los países.

Se destacan los avances en el conocimiento de algunos géneros como *Leucaena*, *Gliricidia*, *Morus*, *Trichanthera*, *Erythrina*, *Cratylia* y *Acacia*. En las cuatro primeros, los trabajos sobre genética, adaptación, consumo y productos del metabolismo secundario, han evidenciado la necesidad de profundizar en las diferencias al nivel infra-específico (ecotipos, procedencias, variedades o clones), lo cual amplía el reto científico para el futuro inmediato. Es muy probable que algo similar suceda en la medida en que se incrementen las investigaciones con otras especies.

Numerosas especies de la flora nativa de América, así como otras introducidas de África, Asia y Oceanía hacen parte de los trabajos discutidos. No todas tienen uso como forrajes para animales. Para sistemas de corte y acarreo se mencionan avances en especies de los géneros *Morus*, *Gliricidia*, *Thitonia*, *Cratylia*, *Trichanthera*, *Moringa*, *Erythrina*, *Cnidoscolus*, *Sambucus*, *Calliandra*, *Manihot*, *Sesbania*, *Cajanus*, *Hibiscus* y *Malvaviscus*. Es muy superior el número de géneros y especies apropiados para sistemas silvopastoriles y cercas vivas, pero el nivel de conocimiento es más reducido a excepción de *Leucaena* spp. Un grupo de géneros se destaca en los actuales y futuros trabajos: *Mimosa*, *Cassia*, *Guazuma*, *Samanea*, *Calliandra*, *Albizzia*, *Acacia*, *Alnus*, *Gmelina*, *Pitecellobium*, *Spondias*, *Crescentia*, *Pseudosamanea*, *Bauhinia*, *Inga*, *Mangifera*, *Psidium*, *Bacharis*, *Vernonia*, *Croton*,

Caesalpinia, Pinus, Eucalyptus, Bursera, Chrisophyllum, Manilkara, Clitoria y Persea.

Otros géneros mencionados en uno o varios trabajos, relacionados con el ramoneo, aporte de sombra, madera, frutos y otros atributos para sistemas pecuarios son: *Quercus, Bilil, Stemmadenia, Cecropia, Dendropanax, Libidiba, Hamelia, Roupala, Senecio, Verbesina, Govania, Clibadium, Acalypha,, Delonix, Pseudolmedia, Oxandra, Mastrichodendron, Calophyllum, Byrsonima, Trophis, Lysiloma, Artocarpus, Callophyllum, Hesperalbizia, Fatdherbia, Azadirachta y Ceiba.*

Se destaca el papel de otras leguminosas herbáceas que pueden contribuir a la agroforestería pecuaria a través del mejoramiento de suelos y/o el aporte de forraje. Este es el caso de plantas utilizadas como coberturas y abonos verdes: *Mucuna, Vigna, Arachis, Crotalaria, Cajanus, Stylossanthes, Lupinus, Pueraria, Calopogonium, Canavalia, Phaseolus e Indigofera.*

Sobresale asimismo el aporte significativo pero poco estudiado del numeroso grupo de las Palmas. Los avances alcanzados en el cultivo, los productos y subproductos de la palma de aceite (*Elaeis guineensis*) marcan un camino de investigación integral que debe recorrerse con otras especies de los géneros *Oenocarpus, Roystonea, Mauritia, Acrocomia, Attalea, Bactris, Sabal, Syagrus, Coccothrinax, Copernicia, Wettinia, Euterpe, Prestoea y Ceroxylon*, presentes en América Tropical, que además son estratégicas para muchas especies de la fauna nativa.

La investigación y desarrollo de sistemas agroforestales para la producción animal requiere mucho apoyo, trabajo interdisciplinario e interinstitucional. Es claro que todas las investigaciones requieren un mayor esfuerzo por evidenciar los componentes y aportes ambientales. Algunos temas específicos sobre los que hay muchas preguntas sin respuesta son:

- Relaciones de los sistemas agroforestales con el suelo, en especial los ciclos de agua, nutrientes y la actividad bioquímica alrededor de la rizósfera.

- La sucesión vegetal y su manejo para el pastoreo de bovinos, ovinos y cabras en diferentes agroecosistemas.
- Balances de luz en diferentes arreglos (estratos) y épocas del año.
- Asociaciones entre árboles y arbustos con especies, variedades y accesiones de gramíneas.
- Productos del metabolismo secundario de árboles y arbustos y su efecto sobre distintas especies animales.
- Mezclas de forrajes que puedan tener efectos asociativos especiales.
- Modelos productivos que buscan maximizar la diversidad de especies y variedades en el mismo espacio.
- Captación de CO₂ y retención del mismo en el suelo y la biomasa vegetal de sistemas agroforestales.
- Manejo preventivo e integral de plagas y enfermedades.
- Aportes de los sistemas pecuarios basados en la agroforestería al mantenimiento de la diversidad biológica de plantas y animales silvestres.
- Reducción de los conflictos por uso del suelo mediante la transformación de la ganadería basada en la agroforestería y la integración con otros sistemas de producción.

AGRADECIMIENTOS

Los moderadores desean agradecer a todos los participantes de la conferencia, particularmente a aquellos que contribuyeron enviando sus ponencias, comentarios, sugerencias y respuesta a la encuesta. También desean agradecer los mensajes de felicitaciones recibidos.

AUTORES

Jatnel Alonso Lazo

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

José Armando Alayón Gamboa

Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Periférico Sur s/n, C.P. 29290
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México
Correo electrónico: aalayon@sclc.ecosur.mx

Pedro J. Argel

Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT
c/o IICA, San José, Costa Rica
Correo electrónico: pargel@iica.ac.cr

Rodrigo Arias

Fondo Nacional para la Paz, Guatemala, Guatemala
Correo electrónico: Pro-fona@infovia.com.gt

Jorge E. Benavides

Consultor e investigador, Turrialba, Costa Rica
Correo electrónico: jbenavid@sol.racsa.co.cr

Jeffrey. Burley

Unión Internacional de Organizaciones de Investigación Forestal (IUFRO),
Instituto Forestal de Oxford (OFI), South Parks Road.
Oxford OX1 3RB, Reino Unido.
Correo electrónico: Jeff.Burley@ox.ac.uk

Raúl Botero

Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda - EARTH
Apdo 4442-1000 San José de Costa Rica
Correo electrónico: rbotero@ns.earth.ac.cr

Zoraida Calle

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66,
Tejares de San Fernando, Cali, Colombia
Correo electrónico: zoraida@cipav.org.co

Efraín Clazadilla Zaldívar

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF)
Calle 174# 1723, Siboney, Municipio Playa, La Habana, Cuba
Tel. 53 7 210068 Fax. 53 7 335086

Laércio Couto

Profesor del Departamento de Ingeniería Forestal,
Universidad Federal de Viçosa, Brasil
Correo electrónico: omardaniel@homenet.com.br

Gustavo Crespo

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

Omar Daniel

Universidad Federal de Mato Grosso del Sur, Brasil.
R. Francisco Machado, 131/302 Ramos
36570-000 Viçosa - MG Brasil
Teléfono 031 891 5800 Fax 031 899 2478
Correo electrónico: omardaniel@homenet.com.br

Gustavo Febles

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

Nikolaus Foidl

Proyecto Biomasa.
Managua, Nicaragua.
Correo electrónico: Biomasa@ibw.com.ni

Geraldine Francisco

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

L. Alfonso Giraldo V.
Universidad Nacional de Colombia
A.A. 1779, Medellín, Colombia

María Elena Gómez
Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66.
Tejares de San Fernando, Cali, Colombia
Correo electrónico: maria@cipav.org.co

D. Hernández
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

Ismael Hernández,
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028
Correo electrónico: dbeepfih@reduniv.edu.cu

J. Iglesias
Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

Marta Jiménez Aguila
Instituto de Investigaciones Forestales (IIF)
Calle 174# 1723, Siboney, Municipio Playa, La Habana, Cuba
Tel. 53 7 210068 Fax. 53 7 335086

G. Jiménez Ferrer
ECOSUR, Periférico Sur s/n, C.P. 29290
San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México
Correo electrónico: GJIMENEZ@SCLC.ECOSUR.MX

J.C. Ku Vera
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad
Autónoma de Yucatán, A.P. 4-116 Itzimmá, C.P. 97100
Mérida, Yucatán, México
Correo electrónico: kuvera@diario1.sureste.com

L. Lamela

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

Carlos E. Lascano

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Palmira, Colombia
Correo electrónico: C.LASCANO@CGNET.COM

Le Ha Chau

Finca Ecológica, UTA Foundation, College of Agriculture and Forestry
Thu Duc, Vietnam

Liliana Mahecha

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66.
Tejares de San Fernando, AA20591, Cali, Colombia

C. Matías

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

Leonardo Mayorga

Proyecto Biomasa, Managua, Nicaragua.
Correo electrónico: biomasa@ibw.com.ni

Milagros Milera,

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Carlos Hernando Molina

Reserva Natural El Hatico c/o Funación CIPAV
Carrera 35A Oeste # 3-66, AA 20591, Cali, Colombia.
Correo electrónico: cipav@cipav.org.co

Enrique José Molina

Reserva Natural El Hatico, c/o Funación CIPAV
Carrera 35A Oeste # 3-66, AA 20591, Cali, Colombia.
Correo electrónico: cipav@cipav.org.co

Enrique Murgueitio

Fundación Cipav, Carrera 35A Oeste # 3 - 66,
Tejares de San Fernando, AA 20591, Cali, Colombia
Correo electrónico: enriquem@cipav.org.co

Nguyen Van Lai

Finca Ecológica, UTA Foundation, College of Agriculture and Forestry
Thu Duc, Vietnam

Alvaro Ocampo Durán

Universidad de los Llanos Orientales, Villavicencio, Colombia.
Correo electrónico: alvarod@hilderstone.ac.uk

Héctor Osorio

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste No. 3 - 66,
Tejares de San Fernando. A.A. 20591. Cali, Colombia.
Correo electrónico: hector@cipav.org.co

T. R. Preston

Finca Ecológica, UTA Foundation, College of Agriculture and Forestry
Thu Duc, Vietnam
Correo electrónico: tpreston@hcm.vnn.vn

Barry Pound

Natural Resources Institute
Chatham, Kent ME4 4TB, Reino Unido

L. Ramírez Avilés

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad
Autónoma de Yucatán, AP 4-116 Itzimmá, C.P. 97100
Mérida, Yucatán, México
Correo electrónico: kuvera@diario1.sureste.com

L. Ramírez Cancino

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad
Autónoma de Yucatán, AP 4-116 Itzimmá, C.P. 97100
Mérida, Yucatán, México
Correo electrónico: kuvera@diario1.sureste.com

Arsenio Renda Sayous

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), Cuba
Calle 174# 1723, Siboney, Municipio Playa, La Habana, Cuba
Tel. 53 7 210068 Fax. 53 7 335086

Clara I. Ríos Kato

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66,
Tejares de San Fernando, AA 20591, Cali, Colombia
Correo electrónico: clara@cipav.org.co

Juan Manuel Rivera

Planeación Ambiental Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ)
Correo electrónico: maria@cipav.org.co

Idalmis Rodríguez

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

Lilian Rodríguez

Finca Ecológica, UTA Foundation, College of Agriculture and Forestry
Thu Duc, Vietnam. Correo electrónico: lylianr@hcm.fpt.vn

Mauricio Rosales Méndez

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66,
Tejares de San Fernando, AA 20591, Cali, Colombia
Correo electrónico: mauro@cipav.org.co

Tomás E. Ruiz

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

Ricardo O. Russo

Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda - EARTH
Apdo 4442-1000 San José de Costa Rica

Sadeghian Siavosh

Fundación CIPAV, Carrera 35A Oeste # 3 - 66.
Tejares de San Fernando, AA20591, Cali, Colombia
Correo electrónico: maria@cipav.org.co

Joaquín Sánchez Rondón

Instituto de Investigaciones Forestales (IIF), Cuba
Calle 174# 1723, Siboney, Municipio Playa, La Habana, Cuba
Tel. 53 7 210068 Fax. 53 7 335086

Manuel D. Sánchez.

Dirección de Producción y Sanidad Animal
FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia
Correo electrónico: manuel.sanchez@fao.org

Roberto Sánchez

Instituto de Ciencia Animal de Cuba (ICA)
San José de las Lajas, La Habana, Cuba
Correo electrónico: ICA@ceniai.inf.cu

Leonel Simón

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba

Andrew Speedy

Dirección de Producción y Sanidad Animal
FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia
Correo electrónico: andrew.speedy@fao.org

J.L. Stewart

Oxford Forestry Institute, University of Oxford
South Parks Road, Oxford OX1- 3RB, U.K.
Janet.Stewart@plants.ox.ac.uk

Odalys Toral

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey,
Central España Republicana, Matanzas, Cuba
Fax. 53 7 333028

Wilfredo Vásquez

Proyecto Biomasa, Managua, Nicaragua.
Correo electrónico: Biomasa@ibw.com.ni

OTRAS PERSONAS QUE HICIERON COMENTARIOS

Manuel Augusto Alfaro

CENTA, San Salvador, El Salvador

Correo electrónico: malfaro@es.com.sv

Carlos Arellano Sota

FAO, Santiago, Chile

Correo electrónico: carlos.arellanosota@field.fao.org

Antero José Nicolás Cabrera

Estación Experimental Chaco Central MAG/GTZ, Paraguay

c/o School of Land and Food, University of Queensland

QLD4067, Brisbane, Australia

Correo electrónico; uet00440@student.uq.edu.au

Jorge Combellas

Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela

Maracay, Venezuela

Correo electrónico: jcombell@telcel.net.ve

Marco Antonio De Souza

EMBRAPA - Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73301-970

Planaltina, DF, Brasil

Teléfono: (061) 389 1171 extensión 2122

Correo electrónico: marco@cpac.embrapa.br

Alessandro Finzi

Istituto di Zootecnia, Università, 01100 Viterbo, Italy

Correo electrónico: finzi@unitus.it

Antonio J. González-Fernández

Universidad Nacional Experimental de los

Llanos Occidentales «Ezequiel Zamora» (UNELLEZ)

Guanare, Estado Portuguesa, Venezuela.

Correo electrónico: angonfer@telcel.net.ve

Jesús Daniel Grande Cano

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D.F.

Correo electrónico: ifig@xanum.uam.mx

Salvador Hernández

Institute of Ecology and Resource Management
The University of Edinburgh, School of Agriculture Building
West Mains Road EH9 3JG, Edinburgh, Scotland, UK
Correo electrónico: SED011@ed.sac.ac.uk

César Labrador

Correo electrónico: labrador@sjmorros.c-com.net

Pedro Lara y Lara

Instituto Tecnológico Agropecuario No2., Conkal, Yucatán.
Apartado Postal 53 D Col Itzinná, Mérida, Yucatán. C.P. 97100

Rogério Martins Mauricio

University of Reading, UK
Correo electrónico: r.m.mauricio@reading.ac.uk

Napoleon Antonio Mejía

CENTA, El Salvador, San Salvador
Correo electrónico: nmejia@salnet.net

Elizabeth Olivares

Lab. Ecofisiología Vegetal, Centro de Ecología - IVIC
Apartado. 21827. Caracas. 1020-A. Venezuela.
Fax: 58-2-5041088, Telefono: 58-2-5041363
Correo Electrónico: eolivare@oikos.ivic.ve

Danilo A. Pezo

Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica
Correo electrónico: dpezo@cariari.ucr.ac.cr

María Cristina Polla

División Forestal-MGAP
18 de Julio 1455 - 6° piso, CP 11300 Montevideo, Uruguay
Correo electrónico: tina@distri.net.com.uy

Carlos. A. Sandoval Castro

Facultad de. Medicina. Veterinaria y. Zootecnia
Universidad. Autónoma. de Yucatán
Apartado 4-116, Mérida Yucatán, 97100, México
Correo electrónico: c.a.sandoval@mailexcite.com

Roberto Sanginés García

Instituto Tecnológico Agropecuario No2., Conkal, Yucatán.

Apartado Postal 53 D Col Itzimmá, Mérida, Yucatán. C.P. 97100

Correo electrónico: robsan@sureste.com

Roberto D. Sainz

Department. of Animal Sci., U. of California, Davis, CA 95616, EE.UU.

Correo electrónico: rdsainz@ucdavis.edu.

Esta publicación contiene las memorias de la primera conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en América Latina, que se celebró entre abril y septiembre de 1998. La conferencia fue organizada por la Fundación del Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV) de Cali, Colombia y la Dirección de Producción y Sanidad Animal de la FAO. La obra presenta artículos y comentarios sobre experiencias en sistemas agroforestales, incluidos los silvopastorales, y experiencias relacionadas con especies de árboles y arbustos forrajeros de finalidades múltiples.

ISBN 92-5-304257-5

ISSN 1014-1200



9 789253 042579

M-27

X1213S/1/3.99/2000