

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-amoniaco 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

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

