

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

Mauricio Rosales Méndez

Fundación CIPAV

Cra 35A Oeste # 3 B 66. Tejares de San Fernando. Cali, Colombia.

Email: mauro@cipav.org.co

I. INTRODUCCIÓN

La zona tropical contiene la mayor diversidad genética en el mundo, diversidad que se expresa 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 *Gliciridia 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.

II. DIVERSIDAD DE ÁRBOLES Y ARBUSTOS FORRAJEROS

Se ha documentado una gran diversidad de árboles y arbustos forrajeros. Blair (1990) presentó una lista (recopilada de varias fuentes) 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 en 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 (1997) (comunicación personal) 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, la Fundación 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 2700 msnm (MDSSA, 1994), 20 más entre 2700 y 3000 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.

III. 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* preferirán 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 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 1200 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 sur-este 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-amoniacoal 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* (25.1 g tc/kg MS). Fäsler (1993) midió el consumo, la digestibilidad y la retención de nitrógeno en ovejas alimentadas con un pasto de baja calidad (*Brachiaria distachya*) sólo, pasto de baja calidad (60%) suplementado con *Cratylia argentea* sola (40%) o en una mezcla con *Flemingia macrophylla* a dos niveles. Los resultados demostraron que a medida que la proporción de *Flemingia 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, *Cratylia argentea* reemplazada con 0, 25, 50 o 100% de *Flemingia macrophylla* fue suministrada como un 40% de la ración total de *Brachiaria distachya* 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 de un alimento pueden afectar la digestión de nitrógeno de 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 Tabla 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.

Tabla 1: Efectos asociativos (%) en digestibilidad de mezclas de árboles forrajeros. Las mezclas se fermentaron por 70 horas 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> spl.	15.5*	9.3**	7.5**	5.8*
Medio con 60 mgN/l de urea	12	24	45	70
<i>T. gigantea</i> : <i>Inga</i> spl.	0.3n.s	6.5n.s	8.1***	7.9***
<i>T. gigantea</i> : <i>L. leucocephala</i> l	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> spl.	10.1n.s	9.4**	9.7***	9.0***
<i>Inga</i> spl.: <i>L. leucocephala</i> l	17.8*	-6.6n.s	1.3n.s	2.9n.s
<i>L. leucocephala</i> l: <i>E. edulis</i>	-1.1n.s	4.3n.s	5.2**	5.2**

IPlantas 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/día). No existieron diferencias en el consumo de *Calliandra* (315.2 g/día) o de la mezcla (317.4 g/día). 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 sepium* combinada con *Leucaena leucocephala* (*Leucaena* sola no fue incluida en el experimento). Las dietas ofrecidas a 7 diferentes niveles en dos experimentos variaron desde 60 a 120 gMS/kg^{0.75}/día, en incrementos de 10g, en el experimento 1, y de 40 a 130 gMS/kg^{0.75}/día, 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 63.4g/kg^{0.75}/día respectivamente. En ambos experimentos las mezclas de *Gliricidia:Leucaena*, fueron más digeribles 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}/día y para la mezcla de *Gliricidia:Leucaena* fue de 8.2 g/kg^{0.75}/día obtenidas cuando se ofrecieron a los niveles de 80 y 106 gMS/kg^{0.75}/día 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 ad libitum* 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 Leucocephala:Gliricidia sepium* resultó en un incremento significativo tanto en tasa de crecimiento de corderos como de su supervivencia a las 24 semanas.

IV. 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 (0.25 ha) produce más forraje y soporta mayor carga animal que el sistema no estratificado (0.5 ha). 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.

La Fundación 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 H, Reserva Natural El Hatico, 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.

El diseño de la mejor combinación de especies para cultivos mezclados de árboles puede ser difícil. Al igual que en el caso de los animales, cuando las plantas crecen en proximidad interactúan de manera positiva (complementaridad) o negativa (competencia). Las plantas compiten por tres elementos principales: 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; o una especie que necesite mucha radiación solar con otra que pueda crecer bajo el dosel de la primera, combinación de leguminosas y no leguminosas. El reto en este sistema sería manejar la interacción por agua, luz y nutrientes entre el componente arbóreo, los cultivos y la producción animal para el beneficio del productor.

V. CONCLUSIONES

Dada la diversidad de árboles forrajeros y su compleja química, existe un potencial considerable para desarrollar sistemas alimenticios basados en mezclas estratégicas que resulten en un incremento del 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.

VI. REFERENCIAS

- BARRY, T.N. Y 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. (ED.) 1994. *Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico No. 236. Vol 1 and 2. 721 pp.
- BLAIR, J. E. 1990. The diversity and potential value of shrubs and tree fodders. En: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Edited by: C. Devendra. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp. 2-9.
- 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'Études agronomiques des Regions Chaudes. 91 pp.
- BOSMAN, H.G; VERSTEEGDEN, C.J.G.M; ODEYINKA, S.M AND 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 knowledge and local needs. *Oxford Forestry Institute Occasional Papers*, No. 40. 55 pp.
- 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. 20 pp.
- DEVENDRA, C. 1993. Sustainable animal production from small farm systems in South-East Asia. FAO Animal Production and Health Paper No.106. 143 pp.
- DEVENDRA, C. Y PUN, H.LI. 1990. Practical technologies for mixed small farm systems in developing countries. En: *Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries*. FAO Animal Production and Health Paper No. 107. Editado por: S. Mack. pp. 135-156.
- DUNSDON, A. J. Y SIMONS, A. J. 1996. Provenance and progeny trials. En: *Gliricidia sepium. Genetic resources for farmers*. Editado por: J.L. Stewart, G. E. Allison y A. J. Simons. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences, University of Oxford. pp. 93 B118.
- DURR, P. 1992. *Manual de árboles forrajeros de Nicaragua*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Región I (MAG R-I). Nicaragua. 125 pp.
- ESPINEL, R. 1997. Prediagnóstico de las condiciones alimenticias de los proyectos de inversión ganadera en el Cauca. CIPAV. Informe presentado al PMA. 8. pp.
- FÄSSLER, O. 1993. The effect of mixtures of shrub legumes on nitrogen utilization by sheep. Diploma Thesis. Institut für Nutztierwissenschaften, Gruppe Ernährung, Zurich. 80 pp.
- GILL, M Y POWELL, C. 1993. Prediction of associative effects of mixing feeds. En: *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 Magister. Maestría en Desarrollo Sostenibles de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana B IMCA B CIPAV. 45 pp.
- INTERNATIONAL LIVESTOCK CENTRE FOR AFRICA. ILCA. 1985. Forage Germplasm Catalogue, 1985. Addis Ababa, Ethiopia. ILCA. 77 pp.
- KASS, D.L. 1994. *Erythrina* species - Pantropical multipurpose tree legumes. En: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Editado por: R. C. Gutteridge y H.M. Shelton. CAB International, Oxford. pp. 83-96.
- LASCANO, C Y 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 y Sikena, L.K. 1992. Feeding behaviour, quantitative and qualitative intake of browse by domestic animals. En: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock*. FAO Animal Production and Health Paper No. 102. Editado por A.W. Speedy y P.L. Pugliese. pp. 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*. Edited by: Hemingway, R. W and Laks, P. E. Basic Life Sciences. Vol 59. Plenum Press. London. pp. 915-934.
- LOWRY, J. B. 1990. Toxic factors and problems: methods of alleviating them in animals. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Edited by: C. Devendra. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp. 76-88.
- LOWRY, J.B., PRINSEN, J.H., Y D. M. BURROWS. 1994. *Albizia lebbek* - a promising forage tree for semiarid regions. En: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. Editado por: R. C. Gutteridge y H.M. Shelton. CAB International, Oxford. pp. 75-83.
- MAESTRÍA EN DESARROLLO SOSTENIBLES DE SISTEMAS AGRARIOS (MDSSA). 1994. Recursos genéticos de los campesinos de la Cocha. En: *Diversidad biológica y diálogo de saberes*. Editado por: Zoraida Calle. Memorias del curso de campo sobre biodiversidad y recursos genéticos indígenas y campesinos. 141 pp.
- MOOG, F.A. 1992. Role of fodder trees in Philippine smallholder farms. En: *Legume trees and other fodder trees as protein source for livestock*. FAO Animal Production and Health Paper No. 102. Editado por: A.W. Speedy y P.L. Pugliese. pp. 43-56.
- NITIS, I.M; LANA, K; SUKANTEN, W; SUARNA, M; AND PUTRA, S. 1990. The concept and development of the three-strata forage system. In: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Edited by: C. Devendra. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp. 92-102.
- PAUDEL, K. C., Y TIWARI, B. N. 1992. Fodder and forage production. En: *Sustainable livestock production in the mountain agro-ecosystem of Nepal*. Editado por: J. B. Abington. FAO Animal Production and Health Paper No. 105. pp. 131-154.
- PHIRI, D.M., COULMAN, B., STEPLER, H.A., KAMARA, C.S Y 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 Y 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., Y ROESYAT, A. 1990. Availability and use of shrubs and tree fodders in Indonesia. En: *Shrubs and tree fodders for farm animals*. Editado por: C. Devendra. Proceedings of a workshop in Denpasar, Indonesia. IDRC. pp. 266-278.
- REYNOLDS, L Y 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*. Edited by: Smith O.B and Bosman, H.G. PUDOC, Wageningen, Netherlands, pp. 83-91.
- REYNOLDS, L. Y ADEOYE, S.A.O. 1989. Planted leguminous browse and livestock production. In: *Alley farming in the humid and subhumid tropics*. Edited by: B.T. Kang and Reynolds. L.

- Proceedings of an International workshop held at Ibadan, Nigeria. IDRC-271e. pp. 44-54.
- RÍOS, KATTO. C.I. 1994. Apuntes etnobotánicos y aportes al conocimiento del Nacedero *Trichanthera gigantea* (Humb & Bonpl.) Nees. Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana B IMCA B CIPAV. 62 pp.
- ROGGERO, P.P., BELLON, S., Y ROSALES, M. 1996. Sustainable feeding systems based on the use of local resources. En: *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): 105 B 118.
- ROSALES, 1996. *In vitro* assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Tesis de Doctorado D.Phil. Departament of Plant Sciences, Oxford University, Oxford, 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*. Editado por: Fundación CIPAV. Segunda edición aumentada. pp. 127-144.
- ROSALES, M., PRESTON, T.R. Y VARGAS, J.E. 1992. Advances in the characterization of non-conventional resources with potential use in animal production. British Society of Animal Production. *Animal Production in Developing Countries*. Occasional Publication No.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*. Fundación CIPAV Cali, Colombia. pp. 135-152.