

## Diversidad forrajera tropical

# 2. Rasgos funcionales que determinan la calidad nutricional y preferencia de leñosas forrajeras para su inclusión en sistemas de alimentación ganadera en zonas secas

Nelson Pérez Almario<sup>1</sup>; Muhammad Ibrahim<sup>2</sup>;  
Cristóbal Villanueva<sup>3</sup>; Cristina Skarpe<sup>4</sup>, Hubert Guerin<sup>5</sup>

### RESUMEN

Se seleccionaron 23 especies leñosas con potencial forrajero para zonas secas de Rivas, Nicaragua. Las especies tuvieron diferencias funcionales, físicas y nutricionales que muestran la variabilidad entre leguminosas sin espinas; leguminosas con espinas y leñosas no leguminosas sin espinas. Con el fin de determinar la influencia de los rasgos físicos y nutricionales sobre la preferencia de los bovinos se diseñaron pruebas cortas de cafetería con tiempo controlado; además, se construyó una matriz de rasgos físicos y nutricionales integrada por datos medidos en campo y datos obtenidos en fuentes secundarias. Los resultados reflejaron la influencia de rasgos físicos y nutricionales que favorecen o limitan el grado de preferencia. Los rasgos foliares fósforo, nitrógeno y la DIVMS se perfilaron como indicadores de la calidad del forraje, además de la relación inversamente proporcional existente entre los niveles del material fibroso (FDN y FDA) con los taninos condensados, que limitan la calidad nutricional y preferencia para bovinos. Las especies leñosas con hojas de mayor área foliar específica, forma bipinnada o imparipinnada, suaves, suculentas y con bajos niveles de taninos condensados mostraron las mejores características funcionales para ser tenidas en cuenta en sistemas ganaderos en zonas secas. Las especies que mejor respondieron a la descripción fueron *Albizia niopoides*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, *Moringa oleifera*, *Cordia dentata* y *Guazuma ulmifolia*.

**Palabras claves:** Bovinos, preferencia, sistema silvopastoril.

### ABSTRACT

**Tropical forage diversity: 2. Functional traits determining nutritional quality and preference of woody forage as supplemental food for cattle in the Nicaraguan dry tropics**

This study evaluated 23 woody species with fodder potential for dry zones of Rivas, Nicaragua. There were functional, physical and nutritional differences among the species, which explained the variety among thornless leguminous, thorn leguminous and non-leguminous woody trees. In order to determine the influence of physic and nutritional traits on bovine preference, short coffee tests with controlled time were designed. Also, a matrix of physical and nutritional characteristics was designed; it was composed by the data gathered on the field and data obtained from secondary sources. The results showed the influence of physical and nutritional traits that favored or hindered the level of preference. Leaf traits, such as phosphorus, nitrogen and the DIVMS, stood out as indicators of fodder quality, as well as the relation inversely proportional between the levels of fibrous material (FDN and FDA) with condensed tannin, that limited both nutritional quality and preference. Leaves of woody species with big specific fodder area, bipinnate and odd-pinnate, soft, succulent and with low levels of condensed tannin showed the best functional traits to be taken into account for cattle systems in dry zones. The species with the best performance were *Albizia niopoides*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, *Moringa oleifera*, *Cordia dentata* y *Guazuma ulmifolia*.

**Keywords:** Bovines, preference, silvopastoral system.

1 Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). nperez@corpoica.org.co; neperez3@yahoo.com

2 Representante Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-Belice

3 Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza – CATIE

4 Universidad de Hedmark, Noruega, Departamento de Gestión Forestal y Vida Silvestre

5 Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Francia

## INTRODUCCIÓN

En el trópico seco de América Central se da un periodo de ausencia de lluvias que varía de cuatro a siete meses. Esto incide en la cantidad y calidad de forraje disponible y en el deterioro de los recursos naturales y, además, afecta la productividad y rentabilidad de las fincas ganaderas. Afortunadamente, en estos paisajes ganaderos se encuentra una diversidad de especies leñosas con distintas propiedades funcionales que contribuyen a los sistemas de alimentación bovina. Un alto número de leñosas forrajeras tienen potencial como alimento para bovinos en sistemas silvopastoriles (SSP) y podrían ayudar a mitigar los efectos del cambio climático y las deficiencias nutricionales en zonas secas. Los componentes bioquímicos de algunas de esas especies son de valor nutricional para el ganado; sin embargo, las formas tradicionales de estudiar los nutrientes de las plantas no logran explicar la diversidad de interacciones.

La diversidad funcional (DF), a pesar de ser una herramienta reciente, ya se usa para caracterizar patrones comunitarios ante disturbios ambientales (Díaz *et al.* 2007). Esta herramienta permite cuantificar los recursos para explicar y predecir la función de los ecosistemas (Petchey *et al.* 2004). Este concepto también se ha aplicado en estudios que relacionan las comunidades biológicas con beneficios ofrecidos por los ecosistemas a las personas (servicios ecosistémicos) (Díaz *et al.* 2007; Lavorel *et al.* 2007) y, también, ayuda a entender procesos en torno a la productividad, reciclaje de nutrientes, almacenamiento y captura de carbono (Ricotta 2005). Los tipos funcionales existentes son grupos de organismos o especies que comparten respuestas ante factores ambientales y disturbios en el funcionamiento de los ecosistemas; tales respuestas suelen expresarse como valores de caracteres funcionales y ayudan a simplificar el manejo sostenible y de conservación (Kattan y Guariguata 2002, Díaz *et al.* 2007, Lavorel *et al.* 2007).

La DF se mide por rasgos funcionales, entendidos como los componentes del fenotipo de una especie, que influyen y responden a procesos ecosistémicos (Fernández 2007). La selección de rasgos maximiza el poder explicativo de la DF (Petchey *et al.* 2004). Las investigaciones actuales sobre los rasgos funcionales de las plantas se centran en las respuestas a factores ambientales como agua, nutrientes, sombra (Cornelissen *et al.* 2003). Sin embargo, los rasgos funcionales de las plantas son cualquier atributo de respuesta con influencia significativa en el establecimiento, supervivencia y capacidad de las plantas de adquirir y usar los recursos disponibles (Reich

*et al.* 2003). Tales rasgos permiten encontrar diferencias en la función de las plantas y predecir sus respuestas ante diferentes disturbios y gradientes ambientales (Lavorel y Garnier 2002, Westoby *et al.* 2002).

Entre las leñosas con potencial forrajero se destacan las especies de la familia *Leguminosae* por su excelente habilidad en el uso del recurso hídrico, producción de biomasa y naturaleza multipropósito en zonas secas. Asimismo, algunas especies de los géneros *Acacia*, *Albizia*, *Cassia*, *Cordia*, *Enterolobium*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Leucaena*, *Moringa*, *Pithecellobium* y *Samanea* poseen también un gran potencial como leñosas forrajeras. Para identificar características de preferencia en los forrajes se han realizado pruebas de consumo con diferentes métodos de cafetería y observación del comportamiento de los animales, o pruebas de selectividad y preferencia de especies forrajeras en pastoreo, especialmente para herbívoros no domésticos, pequeños rumiantes y bovinos. Sin embargo, son pocas las pruebas desarrolladas en condiciones controladas, en donde se prueben diferentes especies forrajeras disponibles para consumo *ad libitum* en las praderas, o diseñadas como pruebas de cafetería para medir el consumo de las especies leñosas en experimentos controlados.

Con el fin de contribuir a la identificación de rasgos físicos y nutricionales relacionados con la calidad y preferencia de las leñosas consumidas por los bovinos, se complementó la información de la matriz de rasgos físicos y nutricionales con los resultados de estimadores de preferencia por consumo y tamaño de bocados. Estas variables ayudaron a identificar los rasgos físicos y nutricionales de las leñosas preferidas por los bovinos; asimismo, se identificaron criterios de calidad y estructura para el diseño de sistemas silvopastoriles. El trabajo se realizó en la finca Santa Gertrudis del municipio de Belén, Rivas Nicaragua, y contó con financiación del proyecto FunciTree del programa GAMMA (Ganadería y Manejo del Medio Ambiente) de CATIE. En este mismo número de la Revista aparece un primer artículo en el que se detallan las condiciones del sitio de estudio.

### Metodología

Se seleccionaron 23 especies leñosas con potencial forrajero, a partir de estudios hechos en la región (Cuadro 1). Las leñosas se escogieron a partir de los siguientes criterios de selección: existencia, en fuentes secundarias, de la mayor cantidad de información en cuanto a contenido nutricional de las especies; cono-

**Cuadro 1.** Especies leñosas con potencial forrajero para zonas secas

No.	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Mimosaceae	<i>Acacia collinsii</i>	cornizuelo
2	Mimosaceae	<i>Acacia farnesiana</i>	aromo, pelá
3	Mimosaceae	<i>Acacia pennatula</i>	carboncillo
4	Mimosaceae	<i>Albizia guachapele</i>	gavilán – iguá
5	Mimosaceae	<i>Albizia niopoides</i>	guanacaste blanco
6	Mimosaceae	<i>Samanea saman</i>	genízaro, samán
7	Caesalpinaceae	<i>Bauhinia unguolata</i>	pata de venado
8	Moraceae	<i>Brosimum alicastrum</i>	ojoche, ramón
9	Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	jiñocuabo, lechero
10	Caesalpinaceae	<i>Cassia grandis</i>	carao, cañafistol
11	Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i>	tigüilote, uvito
12	Bignoniaceae	<i>Crescentia alata</i>	jícara, totumo
13	Mimosaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	guanacaste, orejero
14	Fabaceae	<i>Erythrina berteroana</i>	elequeme
15	Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	madero negro
16	Sterculiaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	guácimo
17	Caesalpinaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	guapinol
18	Mimosaceae	<i>Leucaena leucocephala</i>	leucaena
19	Mimosaceae	<i>Leucaena shannonii</i>	sopa magui
20	Mimosaceae	<i>Mimosa pigra</i>	zarza, mimosa
21	Moringaceae	<i>Moringa oleifera</i>	marango
22	Mimosaceae	<i>Pithecellobium dulce</i>	espino de playa
23	Anacardiaceae	<i>Spondias mombin</i>	jobo, ciruelo

Fuente: Flora de Nicaragua <http://www.tropicos.org/NameSearch.aspx?projectid=7> consultado 10 octubre 2010

cimiento local de usos forrajeros en fincas ganaderas; especies con mayor disponibilidad forrajera en época seca; leñosas con mayor abundancia observada en la región; consumo directo observado en bovinos y datos registrados en el proyecto FunciTree/CATIE.

Con la información de campo y fuentes secundarias sobre estas especies se construyó la matriz de rasgos funcionales (características físicas y nutricionales). Además, se incluyeron los resultados de consumo y tamaño de bocados obtenidos con pruebas de preferencia mediante el método de cafetería con leñosas pareadas (Pérez 2011). Los rasgos incluidos en la matriz fueron los siguientes:

**Rasgos físicos:** materia seca (MS), área foliar específica (AFE), fuerza tensil (dureza de la hoja), grosor de la hoja, número y largo de espinas en 20 cm lineales).

**Rasgos nutricionales:** nitrógeno (N), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), fibra cruda (FC), cenizas, calcio (Ca), fósforo (P), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y taninos condensados (TC).

- Para la selección de los individuos arbóreos a muestrear en el campo se siguió la metodología de Cornelissen *et al.* (2003), aunque se introdujeron algunos cambios, como la selección de cinco plantas por especie y cinco hojas por individuo.
- El cálculo de materia seca y área foliar específica se midió con balanza de precisión (0,01), a partir del peso de la hoja en el momento de tomar la muestra. Posteriormente, las muestras se colocaron en papel húmedo para hidratar durante 6 a 8 horas; después de este periodo, se pesaron nuevamente y se secaron a 60°C durante 48 horas. El valor de la MS se expresó en porcentaje (%).
- Para obtener el área foliar específica, además de lo anterior, se efectuó la recolección de las muestras de hojas con pedúnculo para evitar la deshidratación. Antes de pesarlas, se eliminó el pedúnculo; la medición y cálculo del área foliar se realizó en escáner con resolución de 600 dpi, este valor se dividió por el peso seco de la hoja.
- El número de espinas se contó en 20 cm lineales de cinco individuos por especie con espinas. Además se midió la longitud de las espinas encontradas en esos 20 cm.
- Con muestras de 100 gramos de forraje fresco de hojas y ramas delgadas (<1,0 cm) por individuo, se midió el nitrógeno, calcio y fósforo. Las muestras se empacaron en bolsas de papel craft; después del cálculo de la materia seca, las muestras se molieron y se enviaron al laboratorio del CATIE.

Otras variables se obtuvieron de fuentes secundarias. El proyecto FunciTree ofreció la información de dos rasgos físicos: la fuerza tensil (dureza de la hoja) y grosor de la hoja. Además, se consultaron y referenciaron 149 fuentes bibliográficas encontradas en 48 documentos físicos y digitales que contienen información nutricional de las 23 especies leñosas en diferentes sistemas productivos en zonas secas. Esta información permitió obtener datos de varios rasgos nutricionales: fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), fibra cruda (FC), cenizas, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y taninos condensados (TC).

**Variables analizadas:** correlaciones de los rasgos físicos y nutricionales de MS, AFE, dureza de hoja, grosor de hoja, N, FDN, FDA, FC, cenizas, Ca, P, DIVMS, TC, así como preferencia por consumo y tamaño de bocados. Los datos fueron analizados con el *software* InfoStat (Balzarini *et al.* 2010), mediante estadística de modelos mixtos para preferencia por consumo y tamaño de bocados y correlaciones para la matriz de rasgos funcionales.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el primer artículo (pag. 37) se analizan en detalle las preferencias de los bovinos por el forraje de las leñosas ofrecidas en cuanto a consumo, tiempo efectivo de consumo, tamaño de bocado y bocados por minuto. Se sugiere consultar ese artículo como complemento del análisis siguiente.

### Rasgos físicos y nutricionales como criterio de calidad y preferencia

Las vacas utilizadas para la prueba tuvieron acceso a algunas especies leñosas en mayor proporción que otras, debido a la mayor abundancia en los potreros de la finca. Este fue el caso con *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *A. niopoides*, *C. dentata*, *A. farnesiana* y *S. saman*. Además de la abundancia, también pudo haber incidido la experiencia previa y la memoria de consumo pues, en la época seca, los productores realizan podas y suministran a los animales forraje de *G. ulmifolia* y *G. sepium*, principalmente.

La presencia de espinas en algunas leñosas como *A. collinsii*, *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *E. berteroana*, *M. pigra* y *P. dulce* funciona como un mecanismo de protección y defensa contra la herbivoría (Cuadro 2). Sin embargo, las especies *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *C. grandis*, *E. berteroana*, *L. shannonii*, *M. pigra* y *P. dulce* presentan contenidos de materia seca superiores al 40%, lo que significa un buen suplemento alimentario para los bovinos.

El mayor contenido de nitrógeno foliar favorece la calidad del forraje; en consecuencia, las especies con alto contenido de nitrógeno deben ser tenidas en cuenta en programas de alimentación animal. En el estudio, *A. guachapele*, *E. berteroana*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *L. shannonii* y *M. oleifera* tuvieron los valores de N más altos (Cuadro 2). Las especies que presentaron los mayores contenidos de Ca fueron *A. niopoides*, *G. ulmifolia* y *P. dulce*. El fósforo se encontró en mayor cantidad en las especies *S. saman*, *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* y *M. oleifera*.

Por otra parte, el alto contenido de material fibroso (FDN) constituye una limitante para la preferencia por parte de los bovinos; los contenidos más altos se encontraron en *A. pennatula*, *A. guachapele*, *B. alicastrum*, *C. dentata*, *E. cyclocarpum* y *G. ulmifolia*. Los mayores porcentajes de FDA se encontraron en las especies *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *C. dentata*, *C. alata* y *E. cyclocarpum*.

El rasgo de digestibilidad (DIVMS) más alto correspondió a las especies *B. alicastrum*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *M. oleifera*, lo que podría indicar que estas especies poseen un excelente nivel de degradación y asimilación de nutrientes en el rumen de los bovinos. La degradación de nutrientes, especialmente nitrógeno, se podría ver afectada por las altas concentraciones de TC encontradas en *A. farnesiana*, *B. simaruba*, *C. grandis*, *M. pigra* y *P. dulce* (Cuadro 2). Sin embargo, en las pruebas de cafetería, las leñosas con mayor preferencia por consumo y tamaño de bocados correspondió a las especies *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides*. Las leñosas menos preferidas fueron las especies con espinas *A. farnesiana* y *M. pigra* (Cuadro 2).

### Criterios de preferencia evaluados

**El consumo de forraje.-** Los rasgos nutricionales característicos, especialmente nitrógeno y fósforo, son coincidentes en las especies preferidas (*S. saman*, *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *C. dentata* y *M. oleifera*). Según Van Soest (1994) y Lyons y Machen (2000), la preferencia por un forraje depende de la parte de la planta, la madurez del forraje y la dureza de hojas y tallos. Así, el consumo por especie y por evento mostró diferencias significativas ( $p = 0,0002$ ;  $r^2 = 63\%$ ). En la Figura 2 (pag. 41) del primer artículo se detalla la preferencia de los bovinos por especies.

Las especies preferidas también tuvieron valores altos en cuanto mayor consumo y tamaño de bocado de bovinos, pues sus altos contenidos de nitrógeno y/o fósforo (Cuadro 2) las hace bastante palatables. La diversidad de especies leñosas en una pradera ofrece diferentes matices alimenticios representados en sabores, olores, tonos de colores, contenidos nutricionales, tamaño y dureza de hojas; todos estos rasgos inducen la preferencia de un bovino por una especie en particular.

Chacón y Stobbs (1976) y Tobler *et al.* (2003) afirman que el pastoreo constante reduce el valor nutricional del pastizal debido al agotamiento de las especies que, en consecuencia, son sustituidas por especies menos palatables y más fibrosas. El consumo de especies sustitutas

**Cuadro 2.** Matriz de rasgos funcionales de leñosas forrajeras evaluadas en el trópico seco de Nicaragua

Especies	Rasgos físicos						Rasgos nutricionales									Preferencia	
	MS	AFE	Tensión hoja	Grosor hoja	Espinas (mm)	Largo espina	N	FDN	FDA	Cenizas	Ca	P	FC	DIVMS	TC	Consumo /evento*	T. bocado
	%	cm	g	mm	unidad	cm	%	%	%	%	%	%	%	%	%	gMS	gMS
<i>A. collinsii</i>		12,04	700	0,020													
<i>A. farnesiana</i>	51,43	10,75	125	0,025	19,6	1,16	3,57	46,3	40,0	6,7	1,46	0,25	19,9	56,2	3,10	0,74	0,07
<i>A. pennatula</i>							1,49	54,1	42,5	5,0				65,7			
<i>A. guachapele</i>		15,97	232,5	0,021	0,0	0,0	3,84	49,6	34,7					36,3	0,00		
<i>A. niopoides</i>	46,18	11,79	1216,7	0,025	0,0	0,0	3,13	45,5	31,6	8,92	2,315	0,25	24,82	42,9	1,22	131,55	7,53
<i>S. saman</i>	37,35	14,24	865,7	0,031	0,0	0,0	3,19	42,4	31,2	5,7	1,68	0,32	29,45	44,6	0,96	165,80	7,31
<i>B. unguata</i>					0,0	0,0	2,11	42,4	26,5	7,2				34,1			
<i>B. alicastrum</i>	39,79	13,44	778,8	0,023	0,0	0,0	2,21	48,8	36,1	10,5	1,75	0,37	22,40	65,2	0,35	19,36	2,56
<i>B. simaruba</i>	24,15	15,66	435	0,022	0,0	0,0	3,59	43,90	32,40	8,4							6,33
<i>C. grandis</i>	41,62	17,87	372,9	0,025	0,0	0,0	2,50	42,8	22,2	8,0		0,25					4,70
<i>C. dentata</i>	30,05	20,96	441,7	0,026	0,0	0,0	2,88	56,0	44,1	15,4	1,86	0,22	21,00	39,1	0,00	72,34	3,53
<i>C. alata</i>	31,85				0,0	0,0	3,00		46,9								0,25
<i>E. cyclocarpum</i>	35,50	10,75			0,0	0,0	2,79	50,9	40,1	6,3	0,98	0,21			2,51		
<i>E. berteroaana</i>	41,05						3,66			8,4	1,58	0,21	33,61				
<i>G. sepium</i>	25,04	18,29	300	0,025	0,0	0,0	3,88	41,8	30,7	9,3	1,47	0,22	22,12	74,8	0,28	26,09	4,01
<i>G. ulmifolia</i>	31,97	12,89	346,9	0,042	0,0	0,0	3,05	57,9	37,2	10,5	2,35	0,38	36,25	63,9	0,05	63,26	3,66
<i>H. courbaril</i>		7,64	1497,5	0,025	0,0												
<i>L. leucocephala</i>	35,06	11,56	92,2	0,015	0,0	0,0	4,26	36,7	23,6	7,5	1,30	0,22	18,08	65,1	1,01	139,57	7,55
<i>L. shannonii</i>	50,00						0,0	3,68	41,3	27,2				55,2	0,00		
<i>M. pigra</i>	47,16	11,31	281,3	0,008	10,6	0,87	2,91	35,4	27,5	9,0	1,33	0,26	24,30	32,9	4,11	11,12	0,35
<i>M. oleifera</i>	22,47	23,63	152,5	0,018	0,0	0,0	3,71	29,4	19,2	10,9	1,88	0,32	18,50	65,2	1,02	65,77	3,52
<i>P. dulce</i>	42,15						3,10	45,2	27,0	12,5	2,51	0,09		58,4	4,54		
<i>S. mombin</i>	26,14	13,91	608,3	0,026	0,0	0,0	2,24			6,0	0,02	0,05	17,00				

MS = materia seca; AFE = área foliar específica; N = nitrógeno; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra detergente ácida; Ca = calcio; P = fósforo; FC = fibra cruda; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; TC = taninos condensados

\*Evento hace referencia a pruebas de preferencia por el método de cafetería con tiempos de tres minutos cada uno.

Fuente: Pérez (2011)

también depende de la capacidad de rebrote, la calidad nutritiva, la digestibilidad y la baja presencia de elementos secundarios (Tobler *et al.* 2003). El rendimiento de forraje y su composición química podrían utilizarse para identificar especies de ramoneo preferidas por los bovinos que pudieran formar parte de los sistemas ganaderos (Larbi *et al.* 2005).

**Tamaño de bocado.-** El tamaño de las hojas, la succulencia o dureza de las mismas, la digestibilidad y contenidos de nitrógeno y fósforo podrían favorecer el consumo rápido, mientras que la presencia de espinas, la distribución de las hojas en las ramas, el alto contenido de fibra (FDA y FDN) y de taninos condensados podrían limitarlo.

Lyons *et al.* (2001a) y Pérez (2011) encontraron que el tamaño de bocado de bovinos en las diferentes leñosas tiene que ver con el área foliar específica, la distribución

de las hojas en la rama y la presencia de espinas. El mayor tamaño de bocado también se asocia con las porciones de forraje más gustoso (hojas), que son las que se consumen primero (Van Soest 1994, Lloyd *et al.* 2010).

*L. leucocephala*, *A. niopoides*, *G. sepium*, *S. saman*, *M. oleifera* al igual que *C. dentata* y *G. ulmifolia* fueron las especies preferidas. Se trata de leñosas bipinadas e imparipinadas con forrajes suaves, succulentos y bajos niveles de taninos condensados; estas especies producen grandes cantidades de biomasa, rebrotan con facilidad y tienen poca resistencia a la herbivoría, lo que favorece la preferencia por consumo. En la Figura 4 (pag. 41) del primer artículo se detallan las especies preferidas según tamaño de bocados de los bovinos.

### Correlaciones entre rasgos funcionales

El rasgo de AFE no se correlacionó con la DIVMS, fuerza tensil de la hoja, ni contenido de N, en tanto que

mostró correlaciones negativas significativas ( $p < 0,05$ ) con MS y FC (-0,76 y -0,65 respectivamente). Esto podría indicar una dependencia negativa del material fibroso sobre AFE; o sea que a medida que aumenta el AFE disminuye la proporción de fibra en el forraje y viceversa. Este rasgo, por un lado, podría favorecer la preferencia por consumo de los bovinos debido a que la disminución del material fibroso mejora la calidad del forraje, pero también podría limitar el tamaño de bocados.

No se encontró correlación significativa entre AFE y TC, pero entre N y TC se encontró una correlación positiva no significativa (0,45). Esto podría indicar que forrajes con altos contenidos de nitrógeno pudieran también tener mayores niveles de TC y, en consecuencia, influir en la preferencia por este tipo de leñosas (Cuadro 3). García y Medina (2006) y García *et al.* (2008) encontraron que el consumo de bovinos y ovinos no se relaciona con la composición química, ni tampoco con niveles de compuestos secundarios, ni con la degradabilidad ruminal, pero sí con el contenido de nitrógeno

**Cuadro 3.** Correlación entre rasgos físicos y nutricionales de leñosas forrajeras

RASGOS	AFE	MS	Tensión hoja	Grosor hoja	N	DIVMS	FDN	FDA	FC	Cenizas	Ca	P	TC	Consumo	T. bocado
AFE		-0,76	0,46	-0,49	0,29	0,42	-0,15	-0,15	-0,65	0,74	0,48	0,59	-0,47	0,36	0,16
Valor p		**							**	**		**			
MS			0,23	-0,97	-0,35	-0,55	0,03	0,08	0,18	-0,32	-0,14	-0,66	0,51	-0,03	0,01
Valor p				**								**			
Tensión hoja				-0,39	0,29	0,04	-0,01	-0,24	-0,37	0,49	0,13	0,48	-0,34	0,85	0,83
Valor p														**	**
Grosor hoja					0,16	-0,07	0,41	0,42	0,22	-0,28	-0,38	-0,37	-0,05	0,19	0,16
Valor p															
N						0,60	-0,36	-0,30	-0,55	-0,23	-0,28	-0,29	0,45	0,61	0,56
Valor p														**	**
DIVMS							-0,45	-0,30	-0,12	0,18	0,22	0,71	-0,57	-0,07	0,09
Valor p												**	**		
FDN								0,90	0,53	0,49	0,44	0,01	-0,88	-0,09	-0,08
Valor p									**				**		
FDA									0,28	0,44	0,24	-0,08	-0,79	-0,22	-0,27
Valor p													**		
FC										-0,10	0,02	-0,20	-0,20	0,07	-0,12
Valor p															
Cenizas											0,77	0,62	-0,58	-0,18	-0,27
Valor p											**	**			
Ca												0,56	-0,71	0,01	-0,04
Valor p												**	**		
P													-0,44	-0,27	-0,24
Valor p															
TC														-0,27	-0,28
Valor p															
Consumo															0,85
Valor p															**
T. bocado															

\*\* ( $p < 0,05$ ); Valor p = Valor de probabilidad; AFE = área foliar específica; MS = materia seca; N = nitrógeno; DIVMS = digestibilidad *in vitro* de la materia seca; FDN = fibra detergente neutra; FDA = fibra detergente ácida; FC = fibra cruda; Ca = calcio; P = fósforo; TC = taninos condensados; Consumo = consumo de forraje de la prueba de preferencia; T. bocado = tamaño de bocado

en *G. ulmifolia* y *L. leucocephala*. El N de las leñosas se correlaciona significativamente ( $p < 0,05$ ) con la preferencia por consumo y tamaño de bocado con valores de 0,61 y 0,56 respectivamente. Es evidente, entonces, que los contenidos nutricionales de los forrajes sí se relacionan con la preferencia de los bovinos.

El contenido de material fibroso del forraje influye en la preferencia de los bovinos. Los rasgos de FDN y FDA se correlacionaron de forma negativa y significativa ( $p < 0,05$ ) con TC (-0,88 y -0,79 respectivamente). Sin embargo, García *et al.* (2008) no encontraron correlación entre FDN y TC. La DIVMS mostró una correlación negativa significativa con la MS ( $p < 0,05$ ; -0,66). Esto también influye en las preferencias de los bovinos, ya que la digestibilidad del forraje disminuye con el incremento de la MS. Según García *et al.* (2008), el TC y la DIVMS se correlacionan de manera negativa y significativa ( $p > 0,05$ ; -0,57). Lo anterior refleja que su relación es inversamente proporcional, e indica que la mayor presencia de TC disminuye la DIVMS y limita la preferencia por consumo (Cuadro 3).

Además del incremento en el material fibroso, los TC también ejercen una influencia sobre la calidad del forraje de leñosas, ya que limitan la preferencia por consumo y tamaño de bocado pues a medida que aumenta el material fibroso, disminuye el contenido de TC y viceversa. En este sentido, se podría suponer que los follajes muy suaves y succulentos tienen un mayor contenido de TC, y que en los follajes muy fibrosos ese contenido es menor (Cuadro 3). De acuerdo con García *et al.* (2008), los bajos contenidos de taninos en forrajes y el nivel bajo de fenoles totales pueden ser beneficiosos para los rumiantes si se encuentran en un rango de <2,2% de polifenoles totales y <6,0% de TC. Algunos de estos compuestos podrían influir en la productividad y la salud de los animales, ya que pueden disminuir la población de parásitos gastrointestinales (García *et al.* 2008) y aumentar el tiempo de vida productivo debido a sus propiedades antioxidantes. Es evidente, entonces, que existe un rango de aceptación en el consumo de forrajes con TC que puede ser tolerado por los bovinos.

De otro lado, los rasgos nutricionales de Ca y P foliar presentaron correlaciones positivas con AFE (0,48 y 0,59; significativo  $p < 0,05$  para P), con incremento proporcional en estos rasgos. La DIVMS con P y N tuvieron correlación positiva significativa ( $p < 0,05$ ; 0,71 y 0,60 respectivamente). Esto quiere decir que la DIVMS del forraje de las leñosas aumenta con la influencia ejercida

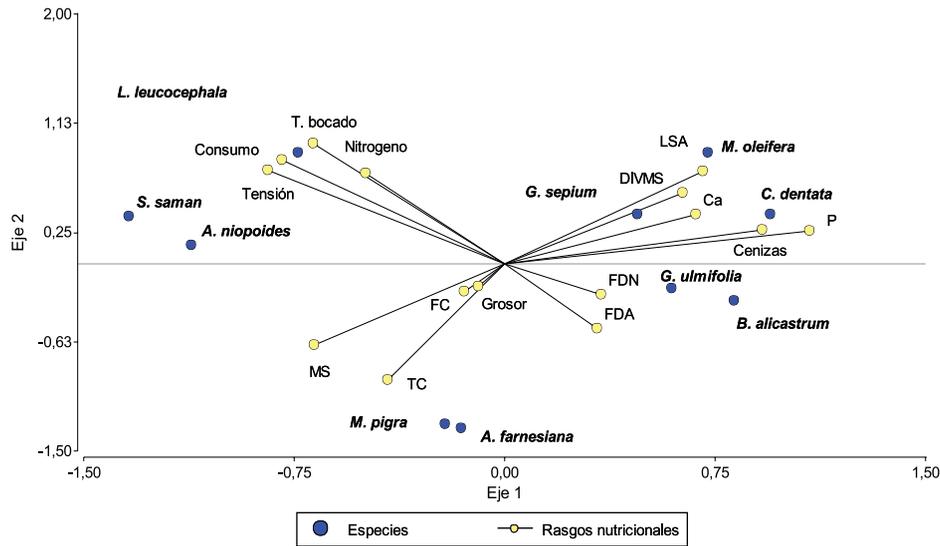
por los altos contenidos de P y N. Estos rasgos foliares (P, N y DIVMS) se perfilan como indicadores de calidad del forraje de las leñosas, considerando también la relación existente entre los niveles del material fibroso y de TC. Sin embargo, debido a la influencia que podría ejercer el TC sobre la degradación de la proteína (proteína encapsulada) en el rumen de los bovinos, esta relación podría convertirse en una limitación nutricional.

Wright y Westoby (1999) y Pérez (2011) consideran que la alta presencia de espinas en hojas y tallos delgados es otro factor que condiciona las preferencias de los bovinos, y que actúa como mecanismo de defensa contra la herbivoría. Otros factores limitantes mencionados por Van Soest (1994), Lyons *et al.* (2001b) y Pérez (2011) son la succulencia o dureza de hojas y tallos que se refleja en el contenido de materia seca (MS) y material fibroso. Por otra parte, se ha comprobado que la presencia de FT y otros grupos como taninos totales, polifenoles totales, saponinas, taninos hidrolizables y alcaloides inciden negativamente en el consumo voluntario y la aceptabilidad de follajes arbóreos (García y Medina 2006). En consecuencia, un desequilibrio de nutrientes o la presencia de toxinas en la dieta pueden limitar la preferencia de forrajes y su consumo o dar una sensación de saciedad a los animales. Además del aprendizaje y tolerancia que generan los bovinos al consumir leñosas con rasgos fibrosos y elementos “antinutricionales”, tal como sucede en condiciones de escasez de forraje durante la época seca, los induce al cambio de sus patrones de consumo; incluso pueden llegar a ingerir gran cantidad de plantas lignificadas o con elementos secundarios (Sandoval-Castro *et al.* 2005, Pinto *et al.* 2010).

### Asociación de rasgos funcionales

En la Figura 1 se muestra el agrupamiento de rasgos físicos y nutricionales de las leñosas evaluadas. Se evidencia la asociación de los rasgos AFE, DIVMS y minerales con *G. sepium*, *C. dentata* y *M. oleifera*. Los TC se relacionan en mayor proporción con las leñosas con espinas *A. farnesiana* y *M. pigra*. El rasgo de grosor de hoja está ligado a los contenidos fibrosos: FDN y FDA se relacionan con *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*. N y dureza de la hoja se relacionan con las variables de consumo, las cuales se asocian a las especies con AFE baja, hojas de mayor dureza y rusticidad; este rasgo funcional se observa en las especies *A. niopoides* y *L. leucocephala*.

En resumen, se podría afirmar que los bovinos prefieren especies leñosas con menor AFE y bajos contenidos de TC.



**Figura 1.** Asociación de rasgos nutricionales y foliares con especies

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En especies leñosas forrajeras, los rasgos foliares fósforo, nitrógeno y la DIVMS se perfilan como indicadores de la calidad nutricional del forraje.

*Albizia niopoides*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala*, *Samanea saman*, *Moringa oleifera*, *Cordia dentata* y *Guazuma ulmifolia* muestran las mejores características funcionales que se debieran considerar en sistemas ganaderos en zonas secas.

En la selección de especies leñosas para sistemas de alimentación bovina en zonas secas se debe profundizar y entender la diversidad funcional de las comunidades de especies con potencial forrajero. Es necesario ampliar la medición de rasgos relacionados con la fisiología, adaptación y patrones fenológicos de las especies; además, se debe conocer el manejo agronómico, métodos de propagación y capacidad de rebrotes de un alto número de especies, debido a que variables ambientales (régimen hidrológico, calidad de agua, suelo y biota) y variables meteorológicas (temperatura, vientos, presión atmosférica, radiación solar, humedad relativa y precipitación) influyen en el nivel de expresión de características deseables y sustentables para los sistemas ganaderos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Balzarini, M; González, G; Tablada, E; Casanoves, F; Di Rienzo, J; Robledo, C. 2010. InfoStat: Manual del Usuario. Córdoba, Argentina, Universidad Nacional de Córdoba Grupo InfoStat, FCA. 334 p.
- Cornelissen, JHC; Lavorel, S; Garnier, E; Diaz, S; Buchmann, N; Gurvich, DE; Reich, PB; Steege, H; Morgan, HD; Van Der Heijden, MGA. 2003. A handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. *Australian Journal of Botany* 51(4):335-380. Disponible en <http://www.cedarcreek.umn.edu/biblio/fulltext/t1936.pdf>
- Chacón, E; Stobbs, TH. 1976. Estimation of herbage consumption by grazing cattle using measurements of eating behaviour. *Grass & Forage Science* 31(2):81-87.
- Díaz, S; Lavorel, S; Cornelissen, J; McIntyre, SUE; Falczuk, V; Casanoves, F; Milchunas, DG; Skarpe, C; Rusch, GM; Sternberg, M; Noy-Meir, I; Landsberg, J; Zhang, WEI; Clark, H; Campbell, BD. 2007. Plant trait responses to grazing – a global synthesis. *Global Change Biology* 13(2):313-341. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01288.x>
- Fernández, F. 2007. Tipos funcionales de árboles en bosques muy húmedos tropicales del norte de Costa Rica: Aporte de los rasgos foliares y de tallo. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 97 p.
- García, DE; Medina, MG. 2006. Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. *Zootecnia Trop* 24(3):233.
- García, DE; Medina, MG; Cova, LJ; Soca, M; Pizzani, P; Baldizán, A; Domínguez, CE. 2008. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 26(3):191-195. Disponible en [http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692008000300006&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org/ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692008000300006&lng=es&nrm=iso).

- Kattan, G; Guariguata, M. (eds.). 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cartago, Costa Rica, Ediciones LUR. 692 p.
- Larbi, A; Anyanwu, NJ; Oji, UI; Etela, I; Gbaraneh, LD; Ladipo, DO. 2005. Fodder yield and nutritive value of browse species in west African humid tropics: response to age of coppice regrowth. *Agroforestry Systems* 65:197–205.
- Lavorel, S; Garnier, E. 2002. Predicting changes in community composition and ecosystem functioning from plant traits: revisiting the Holy Grail. *Functional Ecology* 16(5):545-556.
- Lavorel, S; Díaz, S; Cornelissen, J; Garnier, E; Harrison, S; McIntyre, S; Pausas, J; Pérez-Harguindeguy, N; Roumet, C; Urcelay, C. 2007. Plant functional types: are we getting any closer to the Holy Grail? *Terrestrial ecosystems in a changing world*: 149-164.
- Lyons, RK; Machen, RV. 2000. Interpreting grazing behavior. *AgriLIFE Extensión* L-5385(10):6. Disponible en [http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/86955/pdf\\_1317.pdf?sequence=1](http://repository.tamu.edu/bitstream/handle/1969.1/86955/pdf_1317.pdf?sequence=1)
- Lyons, RK; Machen, R; Forbes, TDA. 2001a. Entendiendo el consumo de forraje de los animales en pastizales. *Cooperativa de Texas "Extensión" E-100s(6):6*. Disponible en <http://fmvz.uat.edu.mx/5BA864D3-8ECB-425E-8351-09F605802271/FinalDownload/DownloadId-1B95C5B53CF9154F8D3CD44882FBEA5A/5BA864D3-8ECB-425E-8351-09F605802271/Ganaderia%5CMANEJO%20DE%20PASTIZALES%5C15862284-E100S.pdf>
- Lyons, RK; Machen, R; Forbes, TDA. 2001b. ¿Por qué cambia la calidad del forraje de los pastizales? *AgriLIFE Extensión E-99s(7-01):6*. Disponible en [https://agri-lifebookstore.org/tmppdfs/viewpdf\\_1488\\_72442.pdf?CFID=7066016&CFTOKEN=dacc4ab665682793-74320009-9FC0-21B4-335E9B882793133D&jsessionid=90309b1374670eb485d05b2d6f593d395c69](https://agri-lifebookstore.org/tmppdfs/viewpdf_1488_72442.pdf?CFID=7066016&CFTOKEN=dacc4ab665682793-74320009-9FC0-21B4-335E9B882793133D&jsessionid=90309b1374670eb485d05b2d6f593d395c69)
- Lloyd, KM; Pollock, ML; Mason, NWH; Lee, WG. 2010. Leaf trait-palatability relationships differ between ungulate species: evidence from cafeteria experiments using naïve tussock grasses. *New Zealand Journal of Ecology* 34(2):219-226.
- Pérez, N. 2011. Rasgos funcionales nutricionales de especies leñosas en sistemas silvopastoriles y su contribución a la sostenibilidad de la ganadería bovina en la época seca en el departamento de Rivas, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 126 p.
- Petchey, O; Hector, A; Gaston, K. 2004. How do different measures of functional diversity perform. *Ecology* 85(3):847-857.
- Pinto, R; Hernández, D; Gómez, H; Cobos, MA; Quiroga, R; Pezo, D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia* 26(1):19-31.
- Reich, PB; Wright, IJ; Cavender-Bares, J; Craine, JM; Oleksyn, J; Westoby, KM; Walters, MB. 2003. The evolution of plant functional variation: traits, spectra, and strategies. *International Journal Plant Science* 164(Supl):S143-S164.
- Ricotta, C. 2005. A note on functional diversity measures. *Basic and Applied Ecology* 6:479-486.
- Sandoval-Castro, CA; Lizárraga-Sánchez, HL; Solorio-Sánchez, FJ. 2005. Assessment of tree fodder preference by cattle using chemical composition, *in vitro* gas production and *in situ* degradability. *Animal Feed Science and Technology* 123-124(Part 1):277-289. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-4G9Y4P2-1/2/e01c2e931cc0185c57e-06ce54b9d5312.pdf>
- Tobler, MW; Cochar, R; Edwards, PJ. 2003. The impact of cattle ranching on large-scale vegetation patterns in a coastal savannah in Tanzania. *Journal of Applied Ecology* 40(3)430-444. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00816.x>
- Van Soest, PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2 ed. Cornell Univ. Press.
- Westoby, M; Falster, DS; Moles, AT; Vesk, PA; Wright, IJ. 2002. Plant ecological strategies: some leading dimensions of variation between species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 33:125-159. Disponible en [www.jstor.org/stable/3069259](http://www.jstor.org/stable/3069259)
- Wright, IJ; Westoby, M. 1999. Differences in seedling growth behaviour among species: trait correlations across species, and trait shifts along nutrient compared to rainfall gradients. *Journal of Ecology* 87(1):85-97. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00330.x>