



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

<sup>1</sup>Pérez Almario, N; <sup>2</sup>Ibrahim, M; <sup>2</sup>Villanueva, C; <sup>3</sup>Skarpe, C; <sup>4</sup>Guerin, H  
<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – CORPOICA; <sup>2</sup>Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza – CATIE <sup>3</sup>Universidad de Hedmark, Departamento de Gestión Forestal y Vida Silvestre <sup>4</sup>Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement – CIRAD.

C.I NATAIMA, CORPOICA

Zootecnista, Especialista en Estadística, investigador máster [neperez@corpoica.org.co](mailto:neperez@corpoica.org.co) [neperez3@yahoo.com](mailto:neperez3@yahoo.com)

Palabras claves: Rasgo funcional, método de cafetería, preferencia por consumo, tamaño de bocado, sistemas silvopastoriles, zonas secas.

Pocos estudios han combinado especies forrajeras para determinar la influencia de rasgos físicos y nutricionales sobre la preferencia bovina. En este sentido, fueron seleccionadas 23 leñosas con potencial forrajero para zonas secas de Rivas, Nicaragua representando parte de la diversidad forrajera tropical con posibilidades de integrarlas a sistemas silvopastoriles. Se diseñaron pruebas cortas de cafetería usando leñosas pareadas, integrando el tiempo efectivo de consumo para cuantificar preferencias por consumo y tamaño de bocado como variables de medición. Dispusieron 10 leñosas combinadas pareadas para las pruebas durante 9 días. Utilizó forraje de ramas delgadas <1,0 cm de diferentes individuos leñosos (Diámetros, alturas similares); 5 vacas en producción con similares características, las cuales antes y después de las pruebas permanecieron con alimento y agua disponible. Se realizaron 225 combinaciones (45/vaca); 25 combinaciones aleatorizadas diarias de 3 minutos. Una matriz de rasgos físicos y nutricionales integrada por datos de campo y fuentes secundarias se correlacionaron con resultados de la prueba de cafetería. Existen diferencias funcionales contrastantes que muestran la variabilidad entre leñosas que pueden favorecer o limitar la preferencia. Se considera que rasgos nutricionales foliares como fósforo, nitrógeno y DIVMS de leñosas son indicadores de calidad forrajera, a demás de relaciones inversas existentes entre niveles (FDN y FDA) con TC limitan la calidad nutricional y preferencia por consumo. Especies leñosas con hojas de mayor área foliar específica, formas bipinadas o imparipinadas, suaves, succulentos, con bajos niveles de TC como *A. niopoides*, *E. cyclocarpum*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *S. saman*, *M. oleífera* igual que *C. dentata* y *G. ulmifolia* presentan características funcionales para incluirlas en sistemas ganaderos secos.

**Introducción:** En el trópico seco de América Central existe un periodo de ausencia de lluvias que varía de cuatro a siete meses que incide en la cantidad y calidad de los forrajes afectando la productividad y rentabilidad en las fincas ganaderas y en el deterioro de los recursos naturales. Es así, como en estos paisajes ganaderos encontramos diversidad de especies leñosas con distintas propiedades funcionales relacionadas con el flujo de nutrientes que contribuyen a los sistemas de alimentación bovina. Asimismo, las arbóreas ofrecen diversos productos bioquímicos que en animales puede producir interacciones no explicadas con las formas tradicionales de estudiar los nutrientes de las plantas. Un alto número de leñosas forrajeras muestran potencialidades para ser utilizadas en el diseño de sistemas silvopastoriles (SSP) como estrategias para mitigar efectos de cambio climático y deficiencias nutricionales de bovinos en zonas secas.

La diversidad funcional (DF) a pesar de ser una herramienta reciente, ha sido usada para caracterizar patrones comunitarios ante disturbios ambientales (Díaz *et al.* 2007), permite cuantificar los recursos usándolos como complementos para explicar y predecir función de ecosistemas (Petchey *et al.* 2004). Los grupos funcionales de organismos o especies comparten respuestas ante factores ambientales y disturbios sobre el funcionamiento de ecosistemas, simplificando su conservación y sostenibilidad, los cuales suelen expresarse como valores de caracteres funcionales (Kattan y Guariguata 2002; Díaz *et al.* 2007; Lavorel *et al.* 2007). DF se mide por rasgos funcionales, convirtiéndose en componentes del fenotipo de una especie, que influyen y responden a procesos ecosistémicos (Fernández 2007). Investigaciones actuales sobre rasgos funcionales de las plantas (PFT) enfatizan en análisis detallados relacionados con respuestas a factores ambientales como agua, nutrientes, sombra entre otros (Cornelissen *et al.* 2003). Los PFT son cualquier atributo de respuesta con influencia significativa en el establecimiento, supervivencia y capacidad de expresión de las plantas (Reich *et al.* 2003). Permiten encontrar diferencias en la función de las plantas y predecir sus respuestas a diferentes disturbios y gradientes ambientales (Lavorel y Garnier 2002; Westoby *et*

al. 2002). En este sentido, se considera importante la existencia de leñosas con potencial forrajero, destacándose las integrantes de la familia *Leguminosae*. Asimismo, algunas de leñosas forrajeras de importancia lo constituyen las pertenecientes a géneros *Acacia*, *Albizia*, *Cassia*, *Cordia*, *Enterolobium*, *Gliricidia*, *Guazuma*, *Leucaena*, *Moringa*, *Pithecellobium* y *Samanea*.

Con el fin de contribuir a la identificación de rasgos físicos y nutricionales relacionados con la calidad y preferencia de leñosas consumidas por los bovinos, se diseñó un estudio basado en la preferencia de leñosas combinadas en pares, usando el método de cafetería controlado. Se utilizó como estimadores, la preferencia por consumo y tamaño de bocados. Estas variables identifican los rasgos físicos y nutricionales de las leñosas más preferidas por los bovinos, y permite definir criterios de calidad y estructura para el diseño de sistemas silvopastoriles. La investigación fue realizada en la finca Santa Gertrudis del municipio de Belén, Rivas Nicaragua, y contó con financiación del proyecto FUNCITree, programa GAMMA, CATIE.

**Materiales y métodos:** Fueron seleccionadas 23 especies leñosas con potencial forrajero basado en estudios de la región (tabla 1). Los criterios definidos para esta selección obedecieron a que las leñosas presentan mayor información de contenidos nutricionales en fuentes secundarias; conocimiento local de usos forrajeros en fincas; con mayor disponibilidad forrajera en época seca; con mayor abundancia observada en la región; consumo directo observado en bovinos y datos registrados en proyecto FUNCITree, CATIE.

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

No.ref	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>	Gavilan – Iguá
5	MIMOSACEAE	<i>Albizia niopoides</i>	Guanacaste blanco
6	MIMOSACEAE	<i>Samanea saman</i>	Genizaro, Saman
7	CAESALPINIACEAE	<i>Bauhinia unguolata</i>	Pata de venado
8	MORACEAE	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojoche, Ramón
9	BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Jiñocuabo, Lechero
10	CAESALPINIACEAE	<i>Cassia grandis</i>	Carao, Cañafistol
11	BORAGINACEAE	<i>Cordia dentata</i>	Tiguilote, Uvito
12	BIGNONIACEAE	<i>Crescentia alata</i>	Jícaro, 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	CAESALPINIACEAE	<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 oleífera</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 de 2010.

Con la información de campo y fuentes secundarias sobre estas especies se construyó la matriz de rasgos funcionales (características físicas y nutricionales). A demás de estos rasgos se incluyen los resultados de consumo y tamaño de bocados de algunas forrajeras, los cuales fueron obtenidos con pruebas de preferencia usando la metodología de pruebas de cafetería con leñosas pareadas diseñada y aplicada por (Pérez *et al.* 2011). La matriz contiene la siguiente información: Rasgos físicos: Materia seca (MS), área foliar específica (SLA), 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).

**Variables medidas en campo:** Variables MS, SLA, N, Ca, P, Preferencia por consumo y Tamaño de bocado. La selección de los individuos arbóreos para el muestreo se desarrolló siguiendo la metodología de (Cornelissen *et al.* 2003), introduciendo cambios como la selección de 5 leñosas por especie y 5 hojas por individuo.

**Variáveis obtidas en fuentes secundarias:** Rasgos físicos: Variables fuerza tensil (dureza de la hoja) y grosor de la hoja fueron facilitadas por el proyecto FUNCITree. Rasgos nutricionales: FDN, FDA, FC, cenizas, DIVMS y TC. Para este efecto se consultaron y referenciaron 149 bibliografías encontradas en 48 documentos físicos y digitales que contienen información nutricional de 23 especies leñosas presentes en diferentes sistemas productivos en zonas secas y que son reportadas como especies forrajeras. Para complementar la información en la matiz de rasgos funcionales, se incluyó el resultado de la prueba de preferencia por consumo y tamaño de bocados de forrajes por especie, realizado en la finca Santa Gertrudis del municipio de Belén, Rivas donde se usó la metodología de pruebas de cafetería con tiempo controlado.

**Variáveis analizadas:** MS, SLA, dureza de hoja, Grosor de hoja, N, FDN, FDA, FC, cenizas, Ca, P, DIVMS, TC, preferencia por consumo y tamaño de bocados. Los datos fueron analizados con el software INFOSTAT (Infostat *et al.* 2010), usando modelos mixtos para preferencia por consumo y tamaño de bocados y correlaciones para la matriz de rasgos funcionales.

## Resultados y discusión

**Rasgos físicos y nutricionales como criterio de calidad y preferencia:** Las vacas utilizadas en la prueba de cafetería tuvieron acceso a algunas especies leñosas en mayor proporción que otras, debido a su presencia en potreros de forma abundante, como el caso de *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *A. niopoides*, *C. dentata*, *A. farnesiana* y *S. saman*. Los productores en época seca realizan podas y suministran a los animales como fuente de alimentación, especialmente de *G. ulmifolia* y *G. sepium*, por lo cual pudo existir influencia por la experiencia previa y memoria de consumo. Sin embargo, el cuadro 1, muestra leñosas como *A. collinsii*, *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *E. berteroana*, *H. courbaril*, *M. pigra* y *P. dulce* como especies que cuentan con presencia de espinas que actúan como mecanismo de protección y defensa contra la herbivoría (cuadro 1). También que las especies *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *C. grandis*, *E. berteroana*, *L. shannonii*, *M. pigra* y *P. dulce* presentan contenidos de MS superiores al 40%, lo que podría representar suministros de alimento para bovinos en menor volumen para suplir requerimientos, mientras que *B. simaruba*, *G. sepium* y *M. oleifera* muestran contenidos más bajos.

Igualmente, se observan especies con menor SLA *A. farnesiana*, *A. niopoides*, *E. cyclocarpum*, *H. courbaril* y *M. pigra*. Asimismo, el cuadro 1 muestra que *A. guachapele*, *E. berteroana*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *L. shannonii* y *M. oleifera* manifiestan valores más altos de nitrógeno foliar, favoreciendo así la calidad de sus forrajes y las especies con menores valores de nitrógeno foliar son *A. pennatula*, *B. unguilata*, *B. alicastrum* y *S. mombin*. El material fibroso (FDN) se evidenció en mayor porcentaje para *A. pennatula*, *A. guachapele*, *B. alicastrum*, *C. dentata*, *E. cyclocarpum* y *G. ulmifolia*. Este rasgo estaría relacionado con limitaciones para la preferencia por consumo para bovinos. Se encontraron mayores porcentajes para FDA en *A. farnesiana*, *A. pennatula*, *C. dentata*, *C. alata* y *E. cyclocarpum*. De otro lado, especies con mayores contenidos de Ca fueron *A. niopoides*, *G. ulmifolia* y *P. dulce*. El fósforo mostró mayor cantidad en *S. saman*, *B. alicastrum*, *G. ulmifolia* y *M. oleifera*. Asimismo, especies con mayor digestibilidad (DIVMS) correspondió a *B. alicastrum*, *G. sepium*, *G. ulmifolia*, *L. leucocephala* y *M. oleifera*, lo que podría indicar que estas especies manifiestan excelente degradación de nutrientes en el rumen. Esta degradación de nutrientes, especialmente nitrógeno se podría ver afectada por las altas concentraciones de TC encontradas en las especies *A. farnesiana*, *B. simaruba*, *C. grandis*, *M. pigra* y *P. dulce* (cuadro 1).

**Cuadro 1. Matriz de rasgos nutricionales y preferencia de bovinos**

Especies	Rasgos físicos						Rasgos nutricionales								Preferencia		
	MS	SLA	Tensión hoja	Grosor hoja	Espinas (mm)	Largo espina	N	FDN	FDA	Cenizas	Ca	P	FC	DIV MS	TC	Consumo T. bocado /evento*	
	%	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. unguilata</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. berteroana</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				

Fuente (Pérez *et al.* 2011). \*Evento refiere a pruebas de preferencia con método de cafetería y tiempos de tres minutos.

**Consumo de forraje como criterio de preferencia:** Las leñosas con mayor preferencia por consumo y tamaño de bocados correspondió a *S. saman*, *L. leucocephala* y *A. niopoides*. Las menos preferidas fueron las especies con espinas *A. farnesiana* y *M. pigra* (cuadro 2). Los rasgos nutricionales característicos, especialmente nitrógeno y fosforo son coincidentes con las especies más preferidas. En este sentido, (Van Soest 1994; Lyons y Machen 2000), estiman que la preferencia de forraje asume diferenciación nutritiva y morfológica en diferentes partes de la planta, la madurez del forraje y la dureza de hojas y tallos, muestra diferenciación en la preferencia de los bovinos por las leñosas, de acuerdo al consumo obtenido por evento para cada especie leñosas, con diferencias significativas con  $p = 0,0002$ ;  $r^2 = 63\%$ .

**Cuadro 2. Preferencia por consumo de forraje y tamaño de bocado**

Especie	Consumo (gMS)	Significancia*	T. bocado (gMS)	Significancia*
<i>A. saman</i>	165,80 ± 13,81	(a)	7,31 ± 0,42	(a)
<i>L. leucocephala</i>	139,57 ± 13,04	(b)	7,53 ± 0,40	(a)
<i>A. niopoides</i>	131,55 ± 14,86	(b)	7,55 ± 0,60	(a)
<i>C. dentata</i>	72,34 ± 10,89	(c)	3,53 ± 0,38	(bc)
<i>M. oleifera</i>	65,77 ± 10,60	(c)	3,52 ± 0,39	(bc)
<i>G. ulmifolia</i>	63,26 ± 8,49	(c)	3,66 ± 0,29	(bc)
<i>G. sepium</i>	26,09 ± 4,10	(d)	4,01 ± 0,51	(b)
<i>B. alicastrum</i>	19,36 ± 5,71	(d)	2,56 ± 0,52	(c)
<i>M. pigra</i>	11,12 ± 6,61	(d)	0,35 ± 0,21	(d)
<i>A. farnesiana</i>	0,74 ± 0,74	(d)	0,07 ± 0,07	(d)

\* Letras distintas asumen diferencias significativas con  $\alpha = 0,05$

Se considera que 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 distintos que inducen la preferencia de un bovino por una especie en particular. Es así, como (Pérez *et al.* 2011), encontró que los bovinos prefieren especies leñosas con hojas grandes (con lóbulos bipinados o imparipinnados), como es el caso de *A. saman*, *L. leucocephala*, *M. oleifera* y *A. niopoides* las cuales están entre las especies leñosas que mostraron mayores consumos y tamaño de bocado de bovinos. Esto se puede atribuir a la presencia de altos contenidos de N (3,67, 3,79, 3,19 y 3,38%) respectivamente (cuadro 1). También se observa que las leñosas *E. cyclocarpum*, *A. guachapele*, *C. grandis*, *G. sepium* y *L. shannonii* también presentan características físicas bipinadas e imparipinadas.

De otro lado, Chacon y Stobbs (1976) y Tobler *et al.* (2003), asumen que el pastoreo sostenido reduce el valor nutricional del pastizal debido al agotamiento de algunas especies. Esta preferencia también depende de la capacidad de rebrote, la calidad nutritiva, la digestibilidad y la baja presencia de elementos secundarios haciendo que estas sean más consumidas (Tobler *et al.* 2003). No obstante, el rendimiento de forraje y su composición química podría identificar especies de ramoneo preferidas por bovinos para su inclusión en sistemas ganaderos (Larbi *et al.* 2005).

**Tamaño de bocado como criterio de preferencia:** El tamaño de las hojas, la succulencia o dureza de las mismas, la digestibilidad y contenidos de nitrógeno y fosforo podrían favorecer el consumo rápido, mientras que la presencia de espinas, la distribución de las hojas en las ramas, altos contenidos de fibra (FDA y FDN) y TC podrían limitarlo como un mecanismo de defensa de las plantas contra la herbivoría, jugando así un papel muy importante para las preferencias de los forrajes. Leñosas bipinadas e imparipinadas con bajos niveles de taninos condensados como *L. leucocephala*, *A. niopoides*, *G. sepium*, *S. saman*, *M. oleifera* al igual que *C. dentata* y *G. ulmifolia* podrían tener mayor producción de biomasa, mejor resistencia a herbivoría y capacidad de rebrotes, favoreciendo la preferencia por consumo (Pérez *et al.* 2011).

Sin embargo, Lyons *et al.* y Pérez *et al.* (2001a; 2011), también observaron que la preferencia por tamaño de bocado de bovinos en las diferentes leñosas está influenciado por el área foliar específica que permite un mayor o menor bocado, la distribución observada de las hojas en las ramas y la presencia de espinas limitan o favorecen tomar un mayor número de hojas por bocado. Es así, como las leñosas encontradas con mayor tamaño de bocado podrían estar asociadas con las porciones de forrajes más gustosos de las plantas leñosas (hojas) que son consumidas primero (Van Soest 1994; Lloyd *et al.* 2010). Como también a altos contenidos de nutrientes, especialmente nitrógeno y fosforo del forraje de las leñosas más preferidas *S. saman*, *A. niopoides*, *M. oleifera*, *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* (cuadro 1)(Pérez *et al.* 2011).

**Correlaciones de rasgos funcionales:** El cuadro 3, muestra que el rasgo de SLA no está correlacionada con la DIVMS, fuerza tensil de la hoja y N respectivamente; El SLA muestra correlaciones negativas significativas ( $p < 0,05$ ) con MS y FC con valores  $-0,76$  y  $-0,65$  respectivamente. Lo anterior podría indicar que existe una dependencia negativa del material fibroso sobre SLA, es decir, que a medida que aumenta el SLA disminuye la proporción de fibra en el forraje y viceversa. Esto, puede favorecer la preferencia por consumo, debido a la disminución del material fibroso mejorando la calidad del forraje, pero también puede limitar el tamaño de bocados al obtener menor cantidad de MS.

Los rasgos de SLA y TC no muestran correlación significativa, pero entre N y TC existe una correlación positiva no significativa ( $0,45$ ), aunque su correlación es relativamente baja, podría indicar que forrajes con altos contenidos de nitrógeno, también podrían contener mayores niveles de TC, generando influencia nutricional hacia la preferencia por consumo (Cuadro 3). Sin embargo, (García y Medina 2006; García *et al.* 2008), mencionan que el consumo de bovinos y ovinos no está relacionado con la composición química, tampoco con niveles de compuestos secundarios ni con la degradabilidad ruminal. Contrario a lo anterior, se encontró que el N de las leñosas está correlacionado significativamente ( $p < 0,05$ ), con la preferencia por consumo y el tamaño de bocado con valores de  $0,61$  y  $0,56$  respectivamente, evidenciando que al menos el N sí se relaciona con la preferencia de los bovinos.

La preferencia de los bovinos está influenciada por el material fibroso, es así como rasgos de FDN y FDA se correlacionan de forma negativa y significativa ( $p < 0,05$ ) con TC mostrando valores de  $-0,88$  y  $-0,79$ . Sin embargo, (García *et al.* 2008) no encontró correlación entre FDN y TC. De otro lado, la DIVMS con MS muestra correlación negativa significativa ( $p < 0,05$ ), con valor de  $-0,66$  asumiendo que la digestibilidad del forraje disminuye con el incremento de la MS. También se evidencia que el TC con la DIVMS se correlacionan de manera negativa y significativa ( $p > 0,05$ ), con valor de  $-0,57$  también reportado por (García *et al.* 2008). Lo anterior refleja que su relación es inversamente proporcional, generando limitaciones para la preferencia por consumo (Cuadro 3). El incremento del material fibroso y TC ejercen influencia sobre la calidad de forraje de leñosas limitando la preferencia por consumo y tamaño de bocado, dado que, si aumenta el material fibroso se disminuye el TC o en sentido contrario. De este modo, se podría asumir que follajes muy suaves y succulentos tienen tendencias a poseer mayor contenido de TC y en sentido contrario (Cuadro 3). De esta manera (García *et al.* 2008), estima que bajos contenidos de taninos en forrajes y menores niveles de fenoles totales (FT) pueden causar beneficios en los rumiantes si se encuentran en un rango  $< 2,2\%$  de Polifenoles Totales (TPP) y  $< 6,0\%$  de TC. De otro lado, los rasgos nutricionales de Ca y P foliar presentan correlaciones positivas con SLA mostrando valores de  $0,48$  y  $0,59$  (significativo  $p < 0,05$  para P), con incremento proporcional; La DIVMS con el P y N tienen correlación positiva significativa ( $p < 0,05$ ) con valor de  $0,71$  y  $0,60$  respectivamente, indicando que DIVMS del forraje de leñosas se aumenta con la presencia de altos contenidos de P y N. Por lo anterior, estos rasgos foliares (P, N y DIVMS), se muestran como indicadores de calidad forrajero, considerando la relación existente en el material fibroso y TC.

Sin embargo, también (Wright y Westoby 1999; Pérez *et al.* 2011), consideran la existencia de otros factores que condicionan la preferencia de bovinos como la presencia de espinas en hojas y tallos que actúan como mecanismo de defensa contra herbivoría; la succulencia o dureza de hojas y tallos reflejado en el contenido de materia seca (MS) y material fibroso disminuyen también la preferencia (Van Soest 1994; Lyons *et al.* 2001b; Pérez *et al.* 2011). La presencia de FT y otros grupos como Taninos Totales (TT), Polifenoles Totales (TPP), Saponinas, Taninos Hidrolizables (TH) y Alcaloides, presentan probada acción en detrimento con relación al consumo voluntario y la aceptabilidad (García y Medina 2006). En consecuencia, un desequilibrio de nutrientes o la presencia de toxinas en la dieta pueden limitar la preferencia de forrajes 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 tóxicos, como sucede en condiciones de escasez

forrajera durante época seca que induce cambios de patrones de consumo pudiendo llegar a ingerir alta cantidad de plantas lignificadas o con elementos secundarios (Sandoval-Castro *et al.* 2005; Pinto *et al.* 2010). Como también del tipo de animal y los diferentes estados productivos (Pérez *et al.* 2011).

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

RASGOS	SLA	MS	Tensión hoja	Grosor hoja	N	DIVMS	FDN	FDA	FC	Cenizas	Ca	P	TC	Consumo	T. bocado
SLA		-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; SLA = 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 de la prueba de preferencia.

**Conclusiones:** Dada la diversidad de especies leñosas presentes en praderas, que ofrecen variados matices alimenticios representados en sabores, olores, tonos de colores, espinas, contenidos nutricionales, múltiples formas de distribución espacial de las hojas en las ramas, tamaño y dureza de hojas entre otros, de una u otra forma inciden en la preferencia de bovinos por una especie en particular. En este sentido, se estima la existencia rasgos físicos y nutricionales que favorecen la preferencia y calidad forrajera en ambientes secos. De este modo, se puede considerar que rasgos foliares de fósforo, nitrógeno y la DIVMS en leñosas se muestran como indicadores de calidad nutricional forrajera, considerando también la importancia en la relación inversamente proporcional existente en el material fibroso con TC que limitan la calidad nutricional y preferencia. Sin embargo, esta relación llama la atención debido a la influencia que podrían ejercer los TC en porcentajes mayores al 4% sobre el material fibroso y la degradación de la proteína, convirtiéndose en una limitante nutricional. Especies leguminosas, con hojas grandes, suaves, de formas bipinadas o imparipinadas y sin espinas se muestran como rasgos físicos que influyen en la preferencia. Follajes muy suaves y suculentos pueden tener tendencias a poseer mayor contenido de TC y follajes muy fibrosos podrían tener tendencias a poseer menor contenido de TC. Leñosas con hojas de mayor área foliar específica, formas bipinadas o imparipinadas, con forrajes suaves, suculentos y bajos niveles de TC como *A. niopoides*, *E. cyclocarpum*, *G. sepium*, *L. leucocephala*, *S. saman*, *M. oleífera* al igual que *C. dentata* y *G. ulmifolia* muestran las mejores características funcionales para su inclusión en sistemas ganaderos en zonas secas.

#### Literatura citada

- 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>
- Chacon, 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 M.Sc. CATIE. Turrialba, C.R.
- 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).
- InfoStat, (Balzarini, M ; Gonzalez, G; Tablada, E; Casanoves, F; Di Rienzo, J; Robledo, C. 2010. Manual del Usuario. Primera ed. Córdoba, Argentina, Editorial Brujas Argentina. Universidad Nacional de Córdoba Grupo InfoStat, FCA. p. 334. p. (versión 2010.)
- Kattan, G; Guariguata, M. 2002. Ecología y conservación de bosques neotropicales. Cartago, Costa Rica. Ediciones LUR Primera edición:692 p.
- Larbi, A; Anyanwu, NJ; Oji, UI; Etela, I; Gbaranah, 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) Consultado el 12 de agosto de 2010.
- 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> Consultado el 12 de agosto de 2010.
- \_\_\_\_\_. 2001b. ¿Porqué cambia la calidad del forraje de los pastizales? *AgriLIFE Extensión* E-99s(7-01):6. Disponible en [https://agrilibookstore.org/tmppdfs/viewpdf\\_1488\\_72442.pdf?CFID=7066016&CFTOKEN=dacc4ab665682793-74320009-9FC0-21B4-335E9B882793133D&jsessionid=90309b1374670eb485d05b2d6f593d395c69](https://agrilibookstore.org/tmppdfs/viewpdf_1488_72442.pdf?CFID=7066016&CFTOKEN=dacc4ab665682793-74320009-9FC0-21B4-335E9B882793133D&jsessionid=90309b1374670eb485d05b2d6f593d395c69) Consultado el 13 de agosto de 2010.
- 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; Ibrahim, M; Skarpe, C; Villanueva, C; Guerin, H; Detlefsen, G. 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.
- 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, Mexico. 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.
- Sandoval-Castro, CA; Lizarraga-Sanchez, HL; Solorio-Sanchez, 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 pdf. <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6T42-4G9Y4P2-1/2/e01c2e931cc0185c57e06ce54b9d5312> Consultado el 13 de agosto de 2010.
- Tobler, MW; Cochard, R; Edwards, PJ. 2003. The impact of cattle ranching on large-scale vegetation patterns in a coastal savanna in Tanzania. *Journal of Applied Ecology* 40(3):430-444. Disponible en pdf <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00816.x> Consultado el 13 de noviembre de 2010.
- Van Soest, PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ Pr. p.
- 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 pdf <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2745.1999.00330.x> Consultado el 13 de noviembre de 2010.