

MESA REDONDA

Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas

Impact of trees, shrubs and other legumes on the ruminal ecology of animals fed fibrous diets

Juana Galindo¹, Denia Delgado¹, R. Pedraza² y D.E. García³

¹Instituto de Ciencia Animal, km 47 1/2. San José de las Lajas. La Habana, Cuba

E-mail: jgalindo@ica.co.cu

²Universidad de Camagüey, Cuba

³Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba

RESUMEN

En esta mesa redonda se trata acerca del valor nutritivo de 32 plantas utilizadas en la alimentación de rumiantes. En estos estudios se evaluaron diferentes géneros, donde estuvieron representadas las plantas arbóreas y arbustivas, leguminosas o no leguminosas. Las evaluaciones incluyeron análisis bromatológicos y la composición fitoquímica (cualitativa y cuantitativa). La digestibilidad aparente y la degradabilidad de la MS, de la FND y del N fueron medidas, mediante la técnica de la bolsa de nailon, en 12 plantas arbóreas, a las cuales se les determinaron los parámetros a, b y c. La degradabilidad efectiva y la degradabilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno se evaluaron en el follaje de las leguminosas arbustivas; se llegó a la conclusión que las especies *G. sepium* y *L. leucocephala* fueron las de mayor contribución de nitrógeno a las partes bajas del tracto digestivo. Se encontraron efectos defaunantes en cinco géneros y la existencia de una relación inversa entre el número de protozoos y el número de zoosporas móviles de hongos en el rumen, así como una relación inversa entre los contenidos de taninos condensados y de polifenoles totales con la degradabilidad de la MS, de la FND y del N de las plantas. Se pudo demostrar que la mimosina presente en *L. leucocephala* no constituye un peligro potencial para los rumiantes en Cuba, debido a la presencia de bacterias capaces de detoxificarla. Se concluye que los árboles y arbustos constituyen una fuente importante de alimento con un alto valor nutricional potencial; sin embargo, contienen compuestos secundarios que pueden modificar la utilización digestiva de estos.

Palabras clave: Árboles, ecología animal, leguminosas

ABSTRACT

A round table was developed with the objective of evaluating the nutritional value of 32 plants used for ruminant feeding. These studies included different genera, in which, leguminous or non leguminous trees and shrubs were represented. The evaluations included bromatological analyses and (qualitative and quantitative) phytochemical composition. Apparent digestibility, degradability of DM, NDF and N were measured in 12 trees through the nylon bag technique to which the parameters a, b and c were determined. Effective degradability and *in vitro* intestinal degradability of nitrogen were evaluated in the foliage of the shrubby legumes, concluding that the species *G. sepium* and *L. leucocephala* make the highest nitrogen contribution to the low parts of the digestive tract. Defauning effects were found in five genera in addition to the existence of an inverse relationship between the number of protozoa and the number of motile zoospores of fungi in the rumen, as well as an inverse relationship between the contents of condensed tannins and total polyphenols with the DM, NDF and N degradability of the plants. It could be proved that the mimosine present in *L. leucocephala* is not a potential danger for ruminants in Cuba, because of the presence of bacteria capable of detoxifying it. Trees and shrubs are concluded to be an important source of feed with high potential nutritional value; however, they have secondary compounds that may modify their digestive utilization.

Key words: Trees, animal ecology, legumes

Introducción

La humanidad se enfrenta a uno de sus más grandes desafíos: el incremento sin precedentes de la población mundial, junto a un crecimiento no proporcional de la producción de alimentos, que puede poner en peligro la existencia del hombre.

La búsqueda incesante de nuevas fuentes de alimentación para los animales, que no compitan en lo fundamental con el hombre, es uno de los objetivos más grandes que enfrentan en la actualidad los especialistas y para lo cual se han explorado incesantes vías.

En los últimos años ha cobrado un gran auge el uso de árboles y arbustos leguminosos como suplemento de la dieta de los animales domésticos, fundamentalmente de los rumiantes. Las leguminosas poseen características que hacen que sus especies sean altamente valoradas. Una de ellas es su excepcional calidad alimenticia, que puede desempeñar un papel clave en el mejoramiento del valor nutritivo del alimento en su totalidad (Devendra, 1995; Ku Vera, Ramírez, Jiménez, Alayón y Ramírez, 2000; Galindo, 2001). Estas plantas tienen la capacidad de incrementar la relación proteína/energía, debido a su alto contenido en proteína; además, generalmente poseen compuestos antinutritivos (FANs) que pueden modificar la velocidad de degradación y pasaje de los nutrientes a través del tracto gastrointestinal (Pedraza, 2000). Otra ventaja es su posibilidad de vivir en forma simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*, capaces de fijar el nitrógeno atmosférico (Blair, Catchpoole y Horne, 1990; Franco, 1995; Hernández, García y Ramón, 2001), que aumenta el nivel de este elemento en el suelo; ello beneficia no solamente a las leguminosas, sino también a las plantas acompañantes, en su mayoría gramíneas, que conforman la cobertura arbórea del suelo donde se encuentra implantado el sistema.

Las investigaciones realizadas por los grupos de trabajo del Instituto de Ciencia Animal, la Universidad de Camagüey y la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" de Cuba, tuvieron como objetivos determinar el va-

lor nutritivo de un total de 32 plantas. Estas fueron: *Gliricidia sepium*, *Sapindus saponaria*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Arachis pintoi*, *Brosimum alicastrum*, *Bauhinia bahamensis*, *Bauhinia galpinii*, *Bauhinia purpurea*, *Stylobolium aterrimum* (mucuna), *Morus alba* (morera), *Polyscias guilfoylei* cv. Variegata, *Polyscias guilfoylei* cv. Alba variegata, *Polyscias guilfoylei* cv. Lanciniata, *Polyscias guilfoylei* Bailey, *Acalypha hispida* cv. Hispida, *Acalypha wilkesiana* cv. London tan, *Acalypha wilkesiana* cv. White picotee, *Erythrina berteriana*, *Samanea saman*, *Albizia lebeck*, *Erythrina variegata*, *Erythrina poeppigiana*, *Hibiscus cannabinus*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Malvaviscus arboreus*, *Leucaena leucocephala* cv. Perú, *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250, *Moringa oleifera*, *Albizia odoratissima*, *Albizia procera*, *Trichantera gigantea* y *Cassia grandis*.

Resultados

✓ Análisis bromatológico

Todas las plantas evaluadas en esta investigación presentaron valores de PB entre 10,6 y 28,5% MS. Se destacaron, como las más promisorias, *G. sepium*, *L. leucocephala* cv. Perú, *E. variegata*, *M. alba*, *S. aterrimum*, *E. poeppigiana*, *E. berteriana*, *A. lebeck* y *L. leucocephala* CNIA-250 (28,5; 27,7; 27,3; 25,8; 25,7; 25,2; 24,9; 24,2 y 23,1% de MS, respectivamente), lo que posibilita su uso como plantas proteicas; los resultados se muestran en la tabla 1.

✓ Composición fitoquímica

• Análisis cualitativo

Con el objetivo de conocer la diversidad de metabolitos secundarios y primarios presentes en las especies en estudio, mediante la utilización del tamizaje fitoquímico, se investigó la presencia de estos compuestos. La tabla 2 muestra, desde el punto de vista cualitativo, la presencia de grupos de los metabolitos en algunas de las arbóreas evaluadas.

Los metabolitos secundarios de mayor distribución entre las especies, y a su vez los más

Tabla 1. Composición bromatológica de algunas plantas evaluadas (%).

Planta	PB	FDN	FDA	Lignina	Celulosa	Hemicelulosa
<i>M. alba</i>	25,8	34	26,38	7,33	16,20	8,45
<i>L. leucocephala</i>	27,69	47,37	33,86	8,30	28,56	16,79
<i>G. sepium</i>	28,5	40,4	20,1	4,40	14,20	20,3
<i>S. saponaria</i>	16,3	50,9	33,2	9,40	17,40	14,80
<i>E. cyclocarpum</i>	14,8	55,8	35,8	8,30	25,00	20,00
<i>B. alicastrum</i>	16,6	41,5	29,8	5,80	22,50	11,70
<i>B. galpinii</i>	12,31	53,87	37,37	5,01	32,38	16,51
<i>B. bahamensis</i>	13,75	49,32	-	-	-	-
<i>S. aterrimum</i>	25,69	46,33	29,18	29,8	20,01	17,15
<i>A. pintoii</i>	10,57	58,75	43,32	8,27	28,2	5,46

Tabla 2. Resultados del análisis cualitativo.

Especie	Grado de positividad							
	Taninos	Flavonoides	Saponinas	Triterpenos	Esteroides	Cianógenos	CHS	Alcaloides
<i>M. alba</i>	-	++	++	+	+++	-	+++	+
<i>L. leucocephala</i>	+++	+	++	++	++	+	+++	+++
<i>B. galpinii</i>	++	+	+	++	++	+	+	+++
<i>A. pintoii</i>	+	+	++	+	+	+	++	+++
<i>S. aterrimum</i>	+++	+	+	+	+	+	++	+++
<i>E. cyclocarpum</i>	+++	+	++	+	+		++	++
<i>S. saponaria</i>	++	-	+	+++	-	-	-	++
<i>G. sepium</i>	+	+	++	+	+	+	-	-

+++ presencia cuantiosa ++presencia notable + presencia leve - ausencia del metabolito

abundantes, fueron: los taninos, las saponinas, los triterpenos y los alcaloides; en cambio, los cianógenos presentaron una distribución limitada. Por su parte, los CHS se encontraron de manera abundante en casi todas las arbóreas investigadas.

• Análisis cuantitativo

Con el propósito de conocer las concentraciones de los compuestos detectados en todas las plantas evaluadas, se realizaron las determinaciones analíticas correspondientes a los metabolitos de mayor importancia. La tabla 3 presenta los niveles de metabolitos secundarios en algunas de las especies en cuestión.

Se debe señalar la elevada concentración encontrada en el caso de los esteroides y los flavonoides, metabolitos que presentan propiedades pronutricionales. También se observó una variabilidad marcada entre especies en cuanto a

los niveles de cumarinas y alcaloides, que clásicamente constituyen FANs en muchos casos.

Con el objetivo de profundizar en el conocimiento de la fracción polifenólica de las especies evaluadas, la tabla 4 muestra los contenidos de polifenoles totales y taninos condensados.

✓ Mediciones químicas y biológicas específicas en *G. sepium*, *Dichrostachys cinerea* y *M. alba*

1. Determinación de FANs presentes en dos cultivares contrastantes de *G. sepium* (Jacq) Kunth ex Walp.

En la tabla 5 aparecen algunos indicadores analizados en el follaje de dos cultivares de *G. sepium*, uno procedente de Cuba (22°, 55' N and 82°, 01' O) y el otro de Ghana (5°, 05' N and 1°, 13' O).

Las hojas del cultivar ICA tuvieron un mayor contenido de proteína, mientras que ambos

Tabla 3. Niveles de metabolitos secundarios.

Especie	Metabolitos (% MS)			
	Flavonoides	Cumarinas	Alcaloides	Esteroides
<i>M. alba</i>	1,67	0,65	0,78	1,56
<i>M. oleifera</i>	0,45	nd	0,32	0,34
<i>A. lebbeck</i>	0,38	nd	0,39	1,23
<i>A. odoratissima</i>	0,28	nd	0,11	1,39
<i>A. procera</i>	1,03	nd	0,67	0,29
<i>E. variegata</i>	0,21	nd	3,21	0,12
<i>T. gigantea</i>	1,02	nd	nd	1,97
<i>C. grandis</i>	1,27	1,49	1,43	1,46
<i>L. leucocephala</i>	1,15	nd	0,70	1,52
<i>S. saponaria</i>	0,71	0,72	0,88	0,92
<i>A. pintoi</i>	0,18	nd	0,06	0,29
<i>S. saponaria</i>	nd	nd	0,15	1,25

nd no detectado en las mediciones analíticas

Tabla 4. Contenido de polifenoles totales y taninos condensados.

Especie	Polifenoles totales (% MS)	Taninos condensados (% MS)
<i>M. alba</i>	3,10	nd
<i>M. oleifera</i>	4,23	2,87
<i>A. lebbeck</i>	9,38	5,29
<i>A. odoratissima</i>	5,28	3,54
<i>A. procera</i>	3,12	0,12
<i>E. variegata</i>	2,21	0,22
<i>T. gigantea</i>	3,48	1,34
<i>L. leucocephala</i>	5,10	1,80
<i>S. saponaria</i>	0,46	0,18
<i>E. cyclocarpum</i>	1,37	1,49

Tabla 5. Contenido de algunas sustancias antinutritivas y actividad hemoaglutinante en dos cultivares de *G. sepium*.

	Cultivar	
	Ghana	ICA
Polifenoles totales, g equivalentes de ácido tánico/kg MS	29,50	26,30
Taninos condensados, g equivalentes de catequina/kg MS	4,20	5,10
Acido fitico, g/kg MS	0,20	0,50
Inhibidores de tripsina, g equivalentes de HS/kg MS	0,30	0,40
Inhibidores de quimotripsina, g equivalentes de HS/kg MS	0,30	0,30
Inhibidores de -amilasa, g equivalentes de HS/kg MS	nd	nd
Actividad hemoaglutinante (UH/100 mg MS)	4,00	128,0

cultivares mostraron similar concentración de aminoácidos esenciales. El cultivar de Ghana tuvo una mayor concentración de polifenoles; sin

embargo, el follaje del cultivar ICA mostró una mayor concentración de fitatos y actividad hemoaglutinante. En ambos el nivel de inhibidores

de proteasa fue muy bajo y no se detectaron inhibidores de α -amilasa.

2. Presencia de sustancias antinutritivas específicas en las hojas de marabú (*D. cinerea* (L.) Wight & Arn.)

Los resultados indicaron la presencia, similar en las dos épocas, de taninos, taninos condensados y alcaloides; no se detectaron saponinas ni glicósidos cianogénicos.

Este alto contenido de taninos puede constituir una limitante para el valor nutritivo; diversos investigadores (Barry, 1989; D'Mello, 1992; Jackson, Barry, Lascano y Palmer, 1996) coinciden en señalar que los compuestos fenólicos, fundamentalmente los taninos, constituyen el mayor impedimento en el uso del follaje de leguminosas por los rumiantes. El contenido de polifenoles del follaje de marabú es muy superior al de otras leguminosas arbustivas empleadas en la alimentación animal (Pedraza, González, León y Estévez, 2002). Aganga y Adogla-Bessa (1999) consideran que debido al alto contenido de taninos y la baja digestibilidad, se limita grandemente el uso de la proteína del follaje de *D. cinerea* por los animales. Sin embargo, sus hojas y frutos son utilizados en la alimentación del ganado nativo y de cabras en algunas regiones de África (Komwihangilo, Goromela y Bwire, 1995; Ndlovu, Simela y Nyamambi, 2000) y de Cuba, fundamentalmente en época de seca, lo que sugiere una adaptación de esos animales al consumo de esta leguminosa (Mole, Butler e Ianson, 1990; Harborne, 1993).

3. Determinación del perfil fenólico en cuatro variedades de *M. alba*

En esta investigación se caracterizó el perfil fenólico de cuatro variedades de morera: Cubana (C), Indonesia (I), Tigreada (T) y Acorazonada (A), y se determinó la influencia de la fertilización orgánica, la variedad, la época y la parte de la fracción comestible.

De los siete grupos de metabolitos, en el conjunto hojas-peciolos-tallos tiernos se detectaron los fenoles, los flavonoides y las cumarinas, que aparecieron en todos los tratamientos. El resto de los compuestos investigados mostraron re-

sultados negativos. En ambas épocas estos compuestos se detectaron de forma abundante.

La ausencia de taninos que precipitan proteínas coincide con los resultados de pruebas realizadas por Makkar y Becker (1998) al emplear albúmina de suero bovino (BSA) como proteína precipitante. Los ensayos desarrollados demuestran la inexistencia evidente de taninos condensados mediante las pruebas con el reactivo de Rosenheim.

El contenido de fenoles totales coincide con el obtenido en *M. alba* por Maldonado, Granda, Aranda y Pérez-Gil (2000).

El análisis estadístico mostró una interacción significativa entre los factores variedad y fertilización ($P < 0,05$) para todos los casos. La respuesta de los metabolitos fenólicos con la fertilización también ha sido demostrada en otras investigaciones.

Al compararla con otras especies forrajeras de interés, los resultados sitúan a la morera como una planta cuyos contenidos de fenoles totales son comparables con los de algunas especies de leguminosas arbóreas y rastreras más usadas en Cuba y en el trópico, y en algunos casos superiores a los de estas últimas.

En el caso de las cumarinas se observó una interacción significativa entre los factores variedad y fertilización ($P < 0,05$). En el período poco lluvioso el efecto de grupo estuvo descrito por las mayores concentraciones para el nivel de 100 kg de N/ha/año; los tenores más elevados se observaron en la variedad C.

El contenido de flavonoides en las hojas y los tallos tiernos no mostró diferencias significativas con los niveles crecientes de nitrógeno para ninguno de los dos períodos, con valores muy similares entre épocas, a excepción de los tallos tiernos en el período lluvioso, en que la interacción fertilización por variedad fue significativa ($P < 0,05$) y los valores oscilaron entre 0,81 y 1,72 $\pm 0,05\%$ MS; hubo una tendencia al aumento de las concentraciones con el incremento en las dosis de fertilizantes para las variedades C, T y A. La variedad I presentó un comportamiento atípico, con el mayor valor para 300 kg de N/ha/año (1,72% MS).

Las variedades de morera Cubana, Indonesia, Acorazonada y Tigreada contienen mayoritariamente dos tipos de compuestos fenólicos: los flavonoides y las cumarinas. En el caso de los flavonoides los niveles oscilan entre 0,67 y 1,68% MS, con ligeras variaciones según la época. Las hojas contienen una mayor concentración con relación a los tallos. Por su parte, los niveles de cumarinas fluctúan entre 0,50 y 0,60% MS, sin diferencias entre los niveles de las hojas y los tallos tiernos ni con la época. Debido a la cantidad de fenoles totales encontrados, es evidente que *M. alba* contiene otros tipos de metabolitos fenólicos, aunque en una menor concentración.

4. Determinación de carbohidratos no estructurales en la morera (metabolitos primarios)

En el conjunto hojas-pecíolos-tallos tiernos se detectaron, de forma abundante, los carbohidratos solubles (CHS). No se encontraron diferencias muy marcadas entre las épocas, las variedades y la fertilización, acorde con la elevada concentración de sacáridos hallada por otros autores en los extractos alcohólicos (Jun, Rong y Hongzhang, 2000).

En ambos períodos, tanto en las hojas como en los tallos tiernos, la interacción variedad por fertilización fue significativa ($P < 0,05$). Resultados numéricos similares fueron obtenidos por Ojeda, Montejo y Pérez (2000) en muestras de morera fresca, empleadas como control en la fabricación de ensilajes con aditivos.

Las cuatro variedades estudiadas tuvieron el mismo comportamiento en la interacción. La variedad I se caracterizó por mostrar las concentraciones de CHS más bajas para los tres niveles de fertilización, quizás por tener menor posibilidad de síntesis de CHS en el período seco, o por poseer una menor área foliar en comparación con el resto de las variedades, que presentaron áreas foliares mayores y similares entre ellas.

Las variedades de morera Cubana, Tigreada, Acorazonada e Indonesia contienen elevadas concentraciones de CHS, las que oscilan entre 12 y 18% MS, con los mayores niveles en las hojas.

En el período lluvioso la especie *M. alba* contiene en las hojas una mayor cantidad de

carbohidratos solubles que en el período seco. El factor más determinante en los niveles de carbohidratos solubles en la morera es la parte de la fracción comestible, seguido por la variedad, la fertilización y la época.

✓ Digestibilidad aparente y degradabilidad de la MS, la FND y el N en árboles y arbustos leguminosos

La determinación de la digestibilidad aparente en las plantas evaluadas indicó que la digestibilidad de la MO y la PB estuvieron en un rango entre 49-79% y 53-82%, respectivamente. En todos los casos, los árboles y arbustos leguminosos presentaron valores de PBD, PDIE y PDIN superiores a los de las gramíneas.

Los máximos valores de proteína bruta digestible se encontraron en *M. alba* (160-174 g/kg) y los de PDIE en *M. alba*, *A. lebbeck*, *G. sepium* y *P. guilfoylei* (126-133 g/kg MS) en la época lluviosa; mientras que los más bajos correspondieron a *B. purpurea* y los de PDIN a *G. sepium* (150 g/kg MS). Los contenidos de energía metabolizable variaron de 7,9-11,7 MJ/kg MS.

B. galpinii tuvo una menor degradabilidad efectiva de la MS (28,25%); mientras que *G. sepium* presentó una relativamente alta degradabilidad efectiva de la FND (61,28%). *B. bahamensis* y *B. galpinii* mostraron los más bajos valores (23,22 y 28,11%, respectivamente).

El consumo de MS varió desde 37,3 a 86,1 y de 94,9 a 168,9 g/kg de peso metabólico para los ovinos y los bovinos, respectivamente.

Por otra parte, la tabla 6 muestra los parámetros de la degradabilidad ruminal de la proteína bruta en el follaje de algunas arbóreas.

L. leucocephala y *A. pintoii* fueron las plantas de más baja degradabilidad efectiva del nitrógeno (36,48 y 38,76%, respectivamente), lo que coincide con las plantas de mayor contenido en taninos condensados. *B. galpinii*, *B. bahamensis*, *E. cyclocarpum*, *B. alicastrum* y *S. aterrimum* también presentaron una baja degradabilidad del nitrógeno. Los resultados permiten su recomendación como plantas promisorias si se desean utilizar para balancear la die-

Tabla 6. Parámetros de la degradabilidad ruminal de la proteína bruta.

Especie/cultivar	Familia	a, %	b, %	a+b, %	c, h ⁻¹
<i>P. guilfoylei</i> cv. Variegata	A	22,8 ±0,6	70,1 ±0,6	92,9	0,121 ±0,008
<i>P. guilfoylei</i> cv. Alba Variegata	A	4,9 ±0,5	92,9 ±0,9	97,8	0,100 ±0,009
<i>P. guilfoylei</i> cv. Lanciniata	A	20,3 ±0,8	75,5 ±1,5	95,8	0,099 ±0,005
<i>A. hispida</i> cv. Hispida	E	-7,8 ±0,7	100,0 ±0,9	92,1	0,138 ±0,008
<i>A. wilkesiana</i> cv. London tan	E	7,2 ±0,5	90,8 ±1,2	98,0	0,052 ±0,002
<i>A. wilkesiana</i> cv. White picotee	E	-5,8 ±0,8	100,0 ±0,7	94,1	0,172 ±0,007
<i>E. berteriana</i>	L	32,8 ±1,0	46,7 ±0,9	79,6	0,072 ±0,004
<i>L. leucocephala</i>	L	10,4 ±2,9	69,0 ±1,9	79,4	0,058 ±0,007
<i>S. saman</i>	L	29,3 ±1,0	54,4 ±1,1	83,6	0,042 ±0,001
<i>G. sepium</i>	L	19,1 ±1,6	59,3 ±1,5	78,4	0,082 ±0,001
<i>A. lebbeck</i>	L	44,8 ±2,1	38,7 ±1,4	82,0	0,039 ±0,013
<i>E. variegata</i>	L	35,3 ±4,0	59,3 ±3,3	90,9	0,071 ±0,007

A-Araliaceae, E-Euphorbiaceae, L-Leguminosae

a fracción soluble en tiempo 0; b, fracción degradable; a+b, potencial de degradación; c, tasa de degradación

ta con proteína sobrepasante, aunque se puede señalar que la mayoría de las plantas evaluadas tienen una baja degradabilidad efectiva de las proteínas.

De las plantas evaluadas, *M. alba*, *G. sepium*, *P. guilfoylei* cv. Variegata, *P. guilfoylei* cv. Alba variegata, *P. guilfoylei* cv. Lanciniata, *A. hispida*, *A. wilkesiana* cv. London, *A. wilkesiana* cv. White, *E. berteriana*, *S. saman*, *A. lebbeck* y *E. variegata* presentan valores altos de degradabilidad del nitrógeno. El aporte en PB equiparado con la urea oscila entre 44 y 69 g/kg MS.

✓ Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbustivas tropicales

Se caracterizó la degradabilidad efectiva en rumen, con tasas de flujo ruminal (k) de 0,03; 0,04 y 0,05 % h⁻¹, y la digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de seis leguminosas arbustivas tropicales (*A. lebbeck*, *E. berteriana*, *E. variegata*, *G. sepium*, *L. leucocephala* y *S. saman*). Las especies *E. variegata* y *G. sepium* fueron las de mayor degradabilidad efectiva del nitrógeno (P<0,01), independientemente de la tasa de flujo ruminal; mientras que *L. leucocephala* fue la de menor degradabilidad, con un valor de k de 0,04. La

degradabilidad efectiva osciló entre 71,7 y 47,4%. La digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje no degradado a las 48 h de incubación ruminal fue diferente (P<0,01) en todos los follajes; la mayor digestibilidad la alcanzaron las especies *G. sepium* (69,4%) y *L. leucocephala* (65,7%); mientras que la menor la presentaron los follajes de *S. saman* (34,8%) y *E. variegata* (39,9%). La mayor contribución con nitrógeno a las partes bajas del tracto digestivo la realizó el follaje de *L. leucocephala* y la menor los de *E. variegata* y *S. saman*. De forma general, todos los follajes se destacaron por su contribución nitrogenada al ecosistema ruminal.

✓ Efecto en la población microbiana e indicadores fermentativos del rumen

En la investigación se evidenció que *G. sepium*, *S. saponaria*, *A. pintoii*, *S. aterrimum* y *L. leucocephala* ejercieron efectos defaunantes, al producir una notable reducción en la población de protozoos ruminales. En la figura 1 se muestra el efecto de *S. saponaria*.

Este efecto es beneficioso debido a que mejora el metabolismo energético y reduce las pérdidas por concepto de producción de metano, el cual es un contaminante ambiental.

La suplementación con *G. sepium*, *S. saponaria*, *E. cyclocarpum*, *L. leucocephala* cv.

Perú y *B. bahamensis*, aumentó la población total de hongos celulolíticos ruminales; mientras que las bacterias celulolíticas se incrementaron al suplementar los animales con *G. sepium*, *L. leucocephala*, *B. galpinii* y *B. alicastrum*. La figura 2 muestra el efecto de *A. pintoii* en la población de bacterias, hongos y protozoos del rumen.

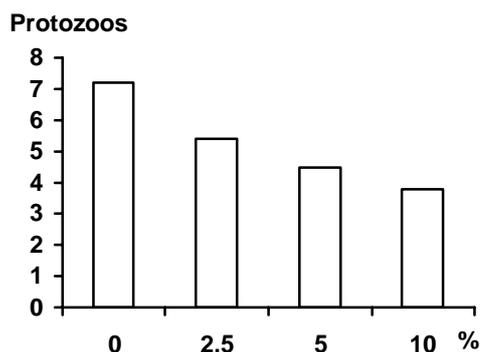


Fig. 1. Efecto de *S. saponaria* en la población de protozoos totales del rumen (10⁶ cel/mL).

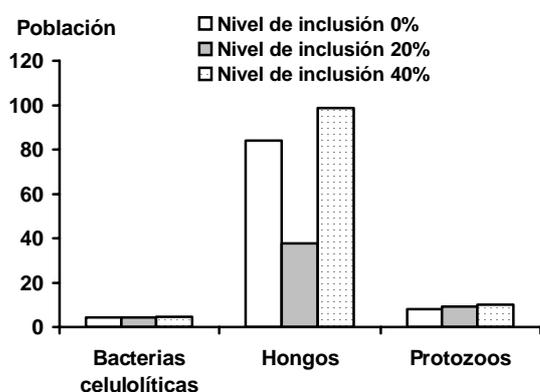


Fig. 2. Efecto de *A. pintoii* en la población de bacterias celulolíticas, hongos y protozoos del rumen.

La contribución de las plantas proteicas a la celulólisis del rumen fue alta, debido a la presencia de una mayor población de organismos celulolíticos totales y a la estabilidad del pH, lo que contribuye a una elevada degradabilidad de la fibra, que puede propiciar un incremento en el consumo de alimentos fibrosos y en la producción animal.

Se determinó que los protozoos y el número de zoosporas móviles de hongos del rumen se

encuentran inversamente correlacionados y la ecuación que los relaciona es:

$$Y = 0,8210 - 3,415 X + 4,311 X^2; R^2 = 0,70***$$

La suplementación con las plantas proteicas mantuvo las concentraciones de NH₃ ruminal dentro de valores que no constituyen una limitante para el consumo voluntario (100-200 mg/mL). Este aspecto es importante en la valoración del follaje de las plantas como suplemento. Los árboles proteicos incrementan la concentración de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) en el rumen y el patrón de fermentación microbiana que se establece es acético.

✓ Metabolitos secundarios y su relación con la degradabilidad de los nutrientes en el rumen

Los resultados permiten informar la relación de los metabolitos secundarios o FANs con los procesos digestivos y metabólicos de los animales que consumen las plantas que los contienen, así como su manejo en condiciones tropicales para modificar la velocidad de degradación y pasaje a través del tracto gastrointestinal.

El tamizaje fitoquímico demostró la presencia, en las plantas evaluadas, de taninos, saponinas, alcaloides, triterpenos, antocianidinas, esteroides y flavonoides. *L. leucocephala*, *E. cyclocarpum*, *B. bahamensis* y *S. aterrimum* tuvieron una mayor presencia de taninos; mientras que *L. leucocephala*, *G. sepium*, *E. cyclocarpum* y *A. pintoii* presentaron una mayor concentración de saponinas.

Las mayores concentraciones de polifenoles totales se encontraron en las especies del género *Albizia*; mientras que *B. alicastrum* mostró la menor concentración.

El contenido de taninos condensados y de polifenoles totales se encuentra inversamente correlacionado con la degradabilidad de la MS, la FND y el N de las plantas, con coeficientes de correlación, para el caso de los taninos condensados, de: -0,75; -0,33 y -0,59, respectivamente. La ecuación es:

$$Y = -3,1738x + 44,261, R^2 = 0,5609***$$

Igualmente, la ecuación que relaciona la concentración de polifenoles totales con la degradabilidad efectiva del nitrógeno es:

$$Y = -2,1003 X + 84,014; R^2 = 0,83^{***}$$

Los estudios acerca del fraccionamiento de las proteínas en leguminosas arbustivas y árboles proteicos tropicales evidenciaron diferencias en las fracciones proteicas de las plantas estudiadas, incluso entre variedades de un mismo género. Las albúminas y las globulinas fueron las fracciones más representadas en *G. sepium* y *S. saponaria*; mientras que en otras especies como *E. cyclocarpum* y *B. alicastrum* predominaron, en mayor medida, las glutelinas y las prolaminas.

Adicionalmente se determinó que la mimosina (aminoácido no proteico) presente en *L. leucocephala* no constituye un peligro potencial para los animales, debido a que en las condiciones edafoclimáticas de Cuba, existen en el rumen bacterias capaces de detoxificarla.

Conclusiones

- Los árboles y arbustos constituyen una fuente importante de alimento, con un valor nutricional potencial; sin embargo, contienen compuestos secundarios que pueden modificar la utilización digestiva de éstos.
- La degradabilidad de los árboles y arbustos evaluados es variable y en ello desempeña un papel importante la presencia de factores antinutricionales.
- Las inclusiones de árboles y arbustos en la dieta modifica la población de microorganismos ruminales y, en muchos casos, se observa un efecto defaunante relacionado con la presencia de metabolitos secundarios.

Referencias

- Aganga, A.A. & Adogla-Bessa, T. 1999. Dry matter degradation, tannin and crude protein contents of some indigenous browse plants of Botswana. *Arch. Zootec.* 48:79
- Barry, T.N. 1989. Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. In: The role of protozoa and fungi in ruminant digestion. (Eds. J.V. Nolan, R.A. Leng and D.I. Demeyer). Penambul Books, Armidale NSW. p. 153
- Blair, G.; Catchpoole, D. & Horne, P. 1990. Forage tree legumes, their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. *Advances in Agronomy.* 44:27
- Devendra, D. 1995. Composition and nutritive value of browse legumes. In: Tropical legumes in animal nutrition. (Eds. J.P.F. D'Mello and C. Devendra). CAB International, UK. p. 49
- D'Mello, J.P.F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology.* 38:237
- Franco, A. 1995. Importancia de la fijación del nitrógeno en la recuperación de la fertilidad y en la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Resúmenes XVIII Reunión Latinoamericana de Rhizobiología. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. p. 1
- Galindo, J. 2001. Fermentación microbiana ruminal y pasaje hacia las partes bajas del tracto gastrointestinal de árboles, arbustos y leguminosas. Memorias del Curso "Sistemas Silvopastoriles, una opción sustentable". Tantakín, Mérida. p. 132
- Harborne, J.B. 1993. Introduction to ecological biochemistry. 4th ed. Academic Press, Harcomt Brace & Co. Publishers. New York, USA. 320 p.
- Hernández, Yolanda; García, Olga A. & Ramón, Marianela. 2001. Utilización de algunos microorganismos del suelo en cultivos de interés para la ganadería. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 35:85
- Jackson, F.S.; Barry, T.N.; Lascano, C. & Palmer, B. 1996. The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forages legumes. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 17:103
- Jun, Z.; Rong, Z. & Hongzhang, W. 2000. Technique selection for preparing the total polysaccharide of mulberry. *Chinese Traditional and Herbal Drugs.* 31 (5):347
- Komwihangilo, D.M.; Goromela, E.H. & Bwire, J.M.N. 1995. Indigenous knowledge in utilization of local trees and shrubs for sustainable livestock production in central Tanzania. *Livestock Research for Rural Development.* 6 (3)
- Ku Vera, J.; Ramírez, C.; Jiménez, G.; Alayón, J. & Ramírez, L. 2000. Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano. Conferencia electrónica. FAO. www.fao.org/wa Su 02 apr 18:37:08
- Makkar, H.P.S. & Becker, K. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity?. *Agroforestry.* 40 (1):59

- Maldonado, M.; Granda, D.; Aranda, E. & Pérez-Gil, F. 2000. Evaluación de árboles forrajeros tropicales para la alimentación de rumiantes en Tabasco, México. Memorias IV Taller Internacional "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 135
- Mole, S.; Butler, L.G. & Ianson, G. 1990. Defense against dietary tannin in herbivores: A survey for proline rich salivary proteins in mammals. *Biochemical Systematics and Ecology*. 18:287
- Ndlovu, L.R.; Simela, L. & Nyamambi, B. 2000. Utilisation of semi-arid scrubland by goats in the dry season. *South African Journal of Animal Science*. 30:93
- Ojeda, F.; Montejo, I.L. & Pérez, Guadalupe. 2000. Estudio de la ensilabilidad de la morera. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 218
- Pedraza, R.M. 2000. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal – Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 126 p.
- Pedraza, R.M.; González, C.E.; León, M. & Estévez, J.A. 2002. Algunos indicadores fenológicos y del valor nutritivo de plantas de Marabú (*Dichrostachys cinerea* (L.) Wight & Arn.) con diferentes alturas en la época de seca. Primer Taller Provincial de Eliminación y Control del Marabú. Fórum Provincial de Ciencia y Técnica. Ministerio de la Agricultura. Camagüey, Cuba. 6 p. (Mimeo)