

Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros

Danny E. García^{1*} y Maria G. Medina²

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la composición química, los niveles de metabolitos secundarios, el valor nutritivo y la aceptabilidad del follaje de diez leguminosas forrajeras (*Albizia caribaea*, *Albizia lebeck*, *Cassia fistula*, *Cassia grandis*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium saman*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena macrophylla*, *Lysiloma latisiliquum* y *Enterolobium contortisilicum*) se llevó a cabo una investigación con un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas en el estado Trujillo, Venezuela. La composición bromatológica presentó variaciones sustanciales entre las especies ($P < 0,05$). *C. grandis* (5,61%) y *L. latisiliquum* (5,70%) mostraron los niveles más sobresalientes de polifenoles totales, *L. latisiliquum* presentó concentraciones importantes de taninos totales, taninos condensados y taninos hidrolizables (5,32; 5,25 y 0,65%, respectivamente); mientras que *C. grandis* se destacó por contener el mayor nivel de taninos que precipitan las proteínas (3,64%). *A. caribaea* (3,50%) y *P. saman* (3,85%) exhibieron cantidades considerables de saponinas y *A. lebeck* niveles significativos de alcaloides (0,51%). Los mayores potenciales de degradación de la MS correspondieron con *A. lebeck* (84,1%) y *G. sepium* (84,0%). La proteína de *G. sepium* se degradó más rápidamente; mientras que *P. dulce* exhibió la degradación postruminal del nitrógeno más elevada (66,7%). Las especies con mayores concentraciones de metabolitos polifenólicos y saponinas fueron menos ramoneadas por los ovinos. Los follajes de todas las leguminosas estudiadas presentan aceptable calidad nutritiva. Sin embargo, de forma integralmente, *A. lebeck*, *P. dulce*, *G.*

¹ Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel", Universidad de los Andes, estado Trujillo, Venezuela. *Correo electrónico: dagamar8@hotmail.com

² Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental del Estado Trujillo, Pampanito, estado Trujillo, Venezuela.

sepium y *E. contortisilicum* muestran las mejores potencialidades como alimento suplementario para los rumiantes.

Palabras clave: fitoquímica, tóxicos, leguminosas, especies forrajeras.

Chemical composition, secondary metabolites, nutritive value and relative acceptability of ten fodder trees

SUMMARY

In order to determinate the chemical composition, secondary metabolites level, nutritive value and acceptability of ten fodder legumes (*Albizia caribaea*, *Albizia lebbek*, *Cassia fistula*, *Cassia grandis*, *Pithecellobium dulce*, *Pithecellobium saman*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena macrophylla*, *Lysiloma latisiliquum* y *Enterolobium contortisilicum*), an experiment was carried out using a total randomize arrangement with five replications in Trujillo state, Venezuela. Significant difference were observed regarding bromatological composition ($P < 0,05$). *C. grandis* (5,61%) and *L. latisiliquum* (5,70%) showed the highest total polyphenols level, *L. latisiliquum* important concentrations of total tannins, condensed tannins and hydrolysable tannins (5,32; 5,25 y 0,65%, respectively) and *C. grandis* the biggest level of precipitant protein tannins (3,64%). *A. caribaea* (3,50%) and *P. saman* (3,85%) showed considerable quantities of saponins and *A. lebbek* superior alkaloids level (0,51%). The highest DM degradation corresponded to *A. lebbek* (84,1%) and *G. sepium* (84,0%). *G. sepium* showed high protein degradation rate; while *P. dulce* presented important postruminal nitrogen degradation (66,7%). Species with biggest concentration of polyphenolic compounds and saponins were moderately our not browsed for sheep. The foliages of all studied legumes showed acceptable nutritive quality. However, in general, *A. lebbek*, *P. dulce*, *G. sepium* y *E. contortisilicum* showed the best potentiality as supplementary feeding for ruminant.

Key words: Phytochemistry, toxics, legumes, fodder species.

INTRODUCCIÓN

A raíz del déficit alimentario y la crisis económica mundial, los países latinoamericanos han tenido que incursionar en otras estrategias de alimentación para incrementar la producción animal en las condiciones

tropicales; específicamente ofertándole al ganado una mayor cantidad de proteína y minerales que, en sentido general, se encuentran de forma deficitaria en los pastos.

En este sentido, el follaje de los árboles ha tenido un papel protagónico por sus considerables niveles de proteína y aceptable valor nutritivo (García, 2003).

Existen muchas especies con potencial forrajero, entre las que se destacan las integrantes de la familia *Leguminosae* por su excelente producción de biomasa en el periodo seco y naturaleza multipropósito. Asimismo, en América Continental y el Caribe, algunas de las leguminosas forrajeras de mayor importancia lo constituyen las especies pertenecientes a los géneros *Albizia*, *Cassia*, *Pithecellobium*, *Leucaena*, *Lysiloma* y *Enterolobium*.

Debido a las perspectivas y bondades de estas plantas para la ganadería tropical, se precisa conocer las particularidades esenciales de su composición fitoquímica, el valor nutritivo y su repercusión en la aceptabilidad, por parte de los rumiantes, para poder establecer las principales ventajas y limitaciones en el uso de cada leguminosa.

Por tales motivos, el presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de la composición bromatológica, la cuantificación de los grupos de metabolitos secundarios mayoritarios, la determinación de algunos indicadores del valor nutritivo, y la estimación de la aceptabilidad por ovinos en *Albizia lebbek* (Benth.), *Albizia caribaea* Britton & Rose C. (Urban), *Cassia grandis* (L.), *Cassia fistula* (L.), *Pithecellobium dulce* Roxb (Benth.), *Pithecellobium saman* Jacq. (Benth.), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., *Leucaena macrophylla* (Benth.), *Lysiloma latisiliquum* (Benth.) y *Enterolobium contortisilicum* (Vell.) Morong.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de muestreo

La recolección del material vegetal se realizó en el área forrajera de la Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel” (Operadora Agrícola Universitaria) de la Universidad de los Andes en el municipio Pampán, estado Trujillo, Venezuela. El muestreo se llevó a cabo en cinco parcelas de 10 x 10 m, las cuales contenían las especies a evaluar

podadas cada ciento ochenta días a 0,5 m sobre el nivel del suelo. La precipitación anual en la zona de muestreo fue de 1674 mm y la temperatura media de 28 grados Celsius.

Recolección y preparación de las muestras

La fracción comestible (hojas y tallos tiernos) de *A. lebbeck*, *A. caribaea*, *C. grandis*, *C. fistula*, *P. dulce*, *P. saman*, *G. sepium*, *L. macrophylla*, *L. latisiliquum* y *E. contortisilicum* fue colectada, en igualdad de condiciones experimentales, a partir de plantas de cinco años de edad en el mes de febrero de 2004 a las 8:00 a.m. Todo el material se llevó de forma inmediata al laboratorio y se secó a temperatura ambiente, en un local ventilado y oscuro, durante nueve días. Posteriormente las muestras fueron molidas y tamizadas a través de una malla de 1 mm, y se almacenaron en frascos de vidrio apropiados para los análisis.

Análisis de laboratorio

Bromatología

A cada muestra se le determinó el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC), fósforo (P) y ceniza mediante las metodologías propuestas por la AOAC (1990). La fracción fibrosa se cuantificó según los protocolos descritos por Van Soest *et al.* (1991) y los carbohidratos solubles (CHS) por la técnica de la Antrona/H₂SO₄ con lectura a 660 nanómetros (Lezcano y González, 2000).

Compuestos secundarios

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) y los taninos totales (TT) se realizó por el método de Folin-Ciocalteu antes y después del tratamiento de los extractos con polivinilpirrolidona (Makkar, 2003); mientras que la de los taninos (TPP) fue por la metodología de la albúmina de suero bovino BSA (Makkar *et al.*, 1988). La cuantificación de los taninos condensados (TC) se hizo mediante el ensayo de nButanol/HCl/Fe³⁺ (Porter *et al.*, 1986), y la de los taninos hidrolizables (TH) por hidrólisis ácida y desarrollo de color con rodanina (Makkar, 2003). Las concentraciones de alcaloides totales (AlcT) se determinaron por titulación ácida (Sotelo *et al.*, 1996) y las saponinas (Sap) mediante el desarrollo de color con vainillina/H₂SO₄ (Hiai *et al.*, 1976).

Valor Nutritivo

La degradabilidad de la MS se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando cinco bolsas (50 micra) por cada tiempo de incubación (4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas). Aproximadamente 2 g de muestra fueron incubados en el rumen de tres ovinos de la raza Merino ($97,4 \pm 2,65$ kg de peso vivo) los cuales fueron adaptados, con anterioridad, a consumir el forraje de los árboles por treinta días, como suplemento de una dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon mlenfluensis*), concentrado comercial (170 g/animal/día) y agua a voluntad.

Los datos de degradabilidad de la MS se ajustaron según la ecuación propuesta por Ørskov y Mc Donald (1979): $p = a + b(1 - \exp^{-ct})$ empleando para los cálculos el programa Naway[®], en la cual:

- p: porcentaje de degradabilidad ruminal a tiempo (t)
- a: fracción degradable en el $t = 0$
- b: fracción insoluble, pero potencialmente degradable
- c: velocidad de degradación (tasa de degradación de b)

Para medir la degradabilidad ruminal de la PC se empleó el tiempo de incubación de 48 h y la digestibilidad postruminal *in vitro* de la PC (DPIVPC), a partir del residuo de las bolsas incubadas, empleando el procedimiento de los tres pasos (uso de pepsina y pancreatina) descrito por Calsamiglia y Etern (1995).

Prueba de aceptabilidad

El ensayo fue realizado en la misma zona de estudio, después de tomar las muestras para el análisis fitoquímico, desde el 12 de febrero hasta el 24 de marzo de 2004.

Los ovinos utilizados para la prueba de valor nutritivo pastorearon un área de 60 x 50 m que contenía las leguminosas sembradas en hileras, asociadas con *C. mlenfluensis*, el cual presentaba una disponibilidad de 0,8 t MS/ha. Los primeros siete días se tomaron como etapa de adaptación de los ovinos a la nueva dieta y transcurrido el tiempo prefijado, desde las 8:00 a.m. hasta las 4:30 p.m., los animales fueron introducidos al lugar observando a distancia su comportamiento dentro del área de estudio. Después de retirados los animales, se procedió diariamente a contabilizar las especies consumidas. La aceptabilidad en cada caso se expresó a través de una escala cualitativa en la cual se asumieron tres niveles de preferencia (especies no ramoneadas, especies medianamente ramoneadas y especies altamente ramoneadas).

Diseño experimental y métodos estadísticos

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas. El ANOVA se realizó utilizando la d'cima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) mediante el paquete estadístico SPSS 10.0 y las medias fueron comparadas para $P < 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis bromatológico

Los resultados del análisis bromatológico se muestran en el Cuadro 1. En este sentido se observaron diferencias significativas en todos los indicadores evaluados ($P < 0,05$). *C. fistula* y *L. macrophylla* presentaron los porcentajes más bajos de MS y las especies de *Cassia* los menores niveles de PC. No obstante, ambas concentraciones fueron superiores a 15%, la cual es elevada si se considera el avanzado estado de madurez de la biomasa (180 días).

Cuadro 1. Composición bromatológica del follaje de leguminosas tropicales.

Especie	Determinación §						
	MS	PC	FDN	FDA	CHS	P	Ceniza
	%						
<i>A. caribaea</i>	52,72a†	17,70b	45,12b	27,65b	9,76e	0,24c	8,92a
<i>A. lebeck</i>	50,82a	19,16a	42,22bc	24,93c	13,34c	0,18d	6,86b
<i>C. fistuca</i>	44,12bc	16,47c	40,48c	24,10c	14,25c	0,19d	8,29a
<i>C. grandis</i>	52,64a	15,67c	42,83bc	22,23d	14,29c	0,25c	7,98ab
<i>P. dulce</i>	45,65b	19,38a	43,35bc	22,71d	16,27b	0,47b	6,46b
<i>P. saman</i>	47,73b	18,48b	39,47c	26,45b	15,53b	0,60a	5,65b
<i>G. sepium</i>	39,58d	20,01a	43,48bc	20,12e	16,72b	0,24c	9,80a
<i>L. macrophylla</i>	42,13c	20,58a	44,13b	21,16d	11,79d	0,15d	6,22b
<i>L. latisiliquum</i>	49,06b	17,87b	48,78a	32,18a	16,89b	0,20c	4,48c
<i>E. contortisilicum</i>	50,13a	20,20a	49,88a	33,11a	26,00a	0,16d	4,82c
EE	2,10	1,02	2,52	1,53	1,35	0,05	1,05

† Medias con letras distintas en la misma columna difieren estadísticamente mediante la d'cima de comparación de SNK para $P < 0,05$.

§ MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; CHS: carbohidratos solubles; P: fósforo EE: Error estándar

Por su parte, *L. latisiliquum* y *E. cortortisilicum* exhibieron las mayores proporciones de fibra detergente neutro (FDN), y fibra detergente ácido (FDA) y los más bajos niveles de ceniza. Asimismo, *E. cortortisilicum* y *P. saman* presentaron las mayores concentraciones de CHS y fósforo, respectivamente.

Independientemente de las diferencias estadísticas encontradas en los indicadores bromatológicos, todas las especies presentaron una composición química, en términos generales, adecuada para ser utilizadas como suplemento en la nutrición de los rumiantes.

En este sentido, los niveles de MS, PC, FDN y cenizas fueron similares y en algunos casos superiores por varias unidades porcentuales a los informados en otras leguminosas arbóreas del trópico americano (Pinto *et al.*, 2003).

Teniendo en cuenta que todas las leguminosas se encontraban en igualdad de condiciones experimentales, fundamentalmente, en cuanto a edad y estado fenológico, las diferencias numéricas encontradas en la composición se encuentran estrechamente relacionadas con las particularidades genéticas de cada planta, aspecto que se refleja en la absorción diferenciada de nutrimentos y la conversión de las sustancias sintetizadas mediante la fotosíntesis (Pineda 2004).

Con relación a la cantidad de PC, los niveles coinciden con las informadas en la mayoría de las arbóreas forrajeras y específicamente con las reportadas por Pedraza *et al.* (2003) en *A. lebbeck*, *P. saman*, *Erythrina variegata*, *Erythrina berteroana*, *Leucaena leucocephala* y *G. sepium*, por El Hassan *et al.* (2000) en especies de *Acacia*, y con las descripciones realizadas por Baldizán (2003) en especies pertenecientes al centro norte llanero de Venezuela.

Niveles de metabolitos secundarios

Los resultados en la determinación de los compuestos secundarios mayoritarios se muestran en el Cuadro 2. *C. grandis* y *L. latisiliquum* presentaron las concentraciones más elevadas de FT; mientras que en el resto de las leguminosas los valores oscilaron entre 2,20 y 4,01%, los cuales no se consideran tóxicos para los rumiantes en condiciones de suplementación con fuentes arbóreas que contengan dicho grupo de compuestos (Makkar, 2003).

Cuadro 2. Niveles de metabolitos secundarios en árboles forrajeros tropicales

Especie	Metabolitos §						
	FT [†]	TT	TPP	TC	TH	Sap	AlcT
				%			
<i>A. caribaea</i>	2,41d†	2,82c	0,68e	2,33d	0,16c	3,50a	0,40b
<i>A. lebbbeck</i>	2,25d	0,46e	0,35e	0,30e	0,11c	1,28d	0,51a
<i>C. fistuca</i>	3,10c	2,87c	3,37a	4,79b	0,12c	1,35d	0,30b
<i>C. grandis</i>	5,61a	3,59b	3,64a	4,70b	0,28b	1,62c	0,32b
<i>P. dulce</i>	2,96c	2,62c	1,63c	4,54b	0,04d	1,78c	0,05d
<i>P. saman</i>	2,53c	1,42d	0,82d	2,03d	0,06d	3,85a	0,16c
<i>G. sepium</i>	2,22d	0,46e	0,41e	0,40e	nd	1,73c	0,04d
<i>L. macrophylla</i>	4,01b	3,72b	2,21b	3,45c	0,08d	1,85c	0,34b
<i>L. latisiliquum</i>	5,70a	5,32a	0,91d	5,25a	0,65a	1,82c	0,05d
<i>E. contortisilicum</i>	2,20d	2,22c	0,79d	2,18d	0,32b	2,15b	0,06d
EE	0,43	0,51	0,32	0,36	0,03	0,35	0,06

† Medias con letras diferentes en una misma columna difieren estadísticamente mediante la d'cima de comparación de SNK para P<0,05

§ FT: polifenoles totales; TT: taninos totales; TPP: taninos que precipitan las proteínas, como equivalente de ácido tánico; TC: taninos condensados, como equivalente de leucocianidina; TH: taninos hidrolizables, como equivalente de ácido gálico; Sap: saponinas, como equivalente de diosgenina; AlcT: alcaloides totales. nd: no detectado. EE: Error estándar.

Si bien es conocido que en experimentos de cuantificación de compuestos fenólicos es difícil comparar los resultados con los obtenidos por otros autores, debido a procedimientos disímiles, los niveles de FT en las leguminosas estudiadas coinciden con los de la mayoría de los árboles y arbustos de mayor distribución tropical y subtropical (Valerio, 1994; Makkar *et al.*, 1996).

Al comparar las nuestras con determinaciones realizadas con la misma técnica analítica (Valerio, 1994; Makkar *et al.*, 1997; Makkar, 2003), los resultados sitúan a las especies evaluadas como plantas cuyos contenidos de FT son similares a los de las principales leguminosas empleadas para la producción animal en el Caribe (García, 2003). Sin embargo, sus concentraciones son inferiores a las exhibidas por algunas de las especies del género *Acacia*, las cuales presentan niveles de FT superiores a 8% (Abdulrazak *et al.*, 2000). En ese sentido, a excepción de *C. grandis* (5,61%), los contenidos de FT encontrados no superan los límites críticos en los cuales ocasionan daños al buen funcionamiento digestivo de los poligástricos y afectan la población de microorganismos ruminales (Makkar 2003).

Por otra parte, el nivel de TT en *L. latisiliquum* (5,32%) fue muy elevado y significativamente superior al resto de las arbóreas estudiadas,

sobrepasando la concentración en la cual se afecta la formación de ácidos grasos volátiles en pequeños y grandes rumiantes. Asimismo, los contenidos en *C. grandis* (3,59%) y *L. macrophylla* (3,72%), cuyos niveles se consideran intermedios, se encentraron en el límite crítico reportado en pruebas *in vitro*, en el cual los taninos comienzan a causar efectos irreversibles en la nutrición animal. *A. caribaea*, *C. fistula*, *P. dulce* y *E. contortisilicum* exhibieron valores inferiores y *A. lebeck* y *G. sepium* las concentraciones más bajas de todas las follajes evaluados.

Sin embargo, los niveles de taninos con actividad biológica, expresada como la proporción de polifenoles con características precipitantes (TPP), no presentaron una relación directa con las concentraciones de TT en todas las especies. Aunque en *L. latisiliquum* se observó la mayor concentración de taninos, dichos polifenoles no presentan afinidad por las proteínas. Al respecto se ha sugerido que esta condición tiene relación con el elevado peso molecular o con los grupos hidroxilos de sus unidades que se encuentran impedidos estéricamente, imposibilitándole su interacción con las macromoléculas proteicas (Makkar y Becker, 1994; 1998). Sin embargo, en el caso de *A. lebeck*, las especies de *Cassia* y *G. sepium*, aunque los TT se encuentran en menor proporción, exhiben marcadas propiedades precipitantes, lo cual es un elemento positivo a considerar, exceptuando a las leguminosas del género *Cassia*.

Estos resultados coinciden con lo expresado por Makkar (2003) con relación a que el análisis individual de las concentraciones de FT y TT, sin tener en cuenta la capacidad de los polifenoles para precipitar las proteínas (TPP), no es un indicador fidedigno para estimar las propiedades antinutricionales de las especies que contienen polifenoles. Desde el punto de vista nutricional este indicador tiene gran importancia, ya que las concentraciones de los TPP en todas las especies estudiadas (excepto en *C. grandis* y *C. fistula*) se encuentran en el rango en el cual no se afecta el metabolismo del rumen y aumenta la posibilidad de formación de proteínas sobrepasante, facilitando así la digestibilidad postruminal de la proteína (Aerts *et al.*, 2003).

Asimismo, los contenidos de TPP encontrados en las dos especies de *Cassia* fueron superiores a las encontradas en *Cassia siame*, la cual es una arborea promisoría para las regiones desérticas (Aregheore *et al.*, 1998).

Con relación a los valores de TC, *L. latisiliquum* también exhibió el mayor nivel. No obstante, las concentraciones en el resto de las arbóreas oscilaron entre 0,30 y 4,79%; las cuales coinciden con el rango informado por Lamers *et al.* (1996) al evaluar los niveles de este grupo de metabolitos

en las especies subtropicales *Alysicarpus* sp. y *Ovalifolius* sp. y las reportadas por Makkar *et al.* (1997) en semillas de leguminosas forrajeras. Las concentraciones de TC en las especies de *Cassia*, *P. dulce* y *L. macrophylla* fueron similares a los reportados en *Acacia nilotica* y *Garcinia indica* e inferiores a los niveles de *Madhuca indica* y *Panicum miliaceum* en Europa y Asia (Makkar, 2003).

No obstante, en sentido general, la concentración de TC en todas las especies, excepto en *L. latisiliquum*, se encontraron en el rango en el cual los TC causan efectos beneficiosos en la nutrición de los animales poligástricos (Aerts *et al.*, 1999).

Por otra parte, *L. latisiliquum* presentó el mayor contenido de TH, las especies de *Albizia* y *C. fistula* los más bajos y en *G. sepium* no fueron detectados. En este sentido, los niveles fueron inferiores a los informados en *Acacia giraffae* (1,6%), *Calliandra calothyrsus* (2,0%) y *Eucalyptus macrophylla* (3,6%), especies que exhiben elevadas concentraciones de estos metabolitos y que son poco consumida por los bovinos y ovinos (Makkar, 2003).

Estos taninos también se pueden unir a las proteínas, afectar la fermentación y causar efectos adversos similares a los TC cuando se suministran en grandes cantidades. Sin embargo, la baja proporción de TH en la mayoría de las especies, con respecto a los TC, le confiere menor importancia desde el punto de vista antinutritivo.

Al analizar los niveles de Sap, la concentración de *A. caribaea* y *P. saman* es muy elevada si se compara con las exhibidas por algunas de las especies empleadas en los sistemas silvopastoriles tales como *Pithecellobium* sp. y *Acacia* sp. (Hess *et al.*, 2003). No obstante, los niveles en ambas plantas son inferiores a la informada en la legumbre de *Sapindus saponaria* (12%), especie que clásicamente presenta un contenido muy superior de estos compuestos y que afecta drásticamente la población de protozoos a nivel ruminal. La concentración en *E. contortisilicum* (2,15%) se puede considerar intermedia, y el resto de los niveles pueden ser clasificados como bajos, coincidiendo con las informado por Makkar *et al.* (1997) al evaluar las concentraciones de estos glucósidos en un amplio número de variedades de *Vicia faba* mediante la misma técnica analítica empleada en esta investigación.

Considerando que las Sap generalmente son compuestos inhibidores del consumo voluntario, por presentar sabor amargo; tienen propiedades espumantes y hemolíticas y constituyen interferencias en la absorción

intestinal cuando los niveles son cuantiosos (García, 2004). La fracción comestible de *A. caribaea* y *P. saman* debe ser utilizada con precaución, cuando estas especies sean empleadas como fuente suplementaria de proteína en los sistemas de alimentación. Sin embargo, se necesitan realizar mediciones de otros indicadores que describan sus propiedades biológicas, tales como la afinidad por grupos de eritrocitos específicos y el patrón de aglutinación, para poder dilucidar su verdadero efecto en la fisiología digestiva.

Por otra parte, en *A. lebeck* se observó una cantidad importante de alcaloides (0,51%), lo que coincide con las concentraciones informadas por Sotelo *et al.* (1996) en especies del género *Erythrina*. Sin embargo, los niveles en todas las plantas evaluadas fueron similares a las concentraciones características de numerosas especies silvestres que no causan toxicidad a la fauna acompañante en Mesoamérica (Sotelo *et al.*, 1995). Por tales motivos, es importante no solo conocer los niveles de estos compuestos, sino también sus particularidades estructurales; ya que constituye otro de los factores más determinantes en su acción detrimental o inocua. Estos metabolitos, después de los polifenoles, presentan la mayor distribución en el reino vegetal, por lo que se debe profundizar en las propiedades químicas de las estructuras alcaloidales presentes en cada caso, para poder dilucidar su verdadera actividad biológica.

Valor nutritivo

Con relación al valor nutritivo de las especies evaluadas, el Cuadro 3 muestra las diferencias encontradas entre las leguminosas. Teniendo en cuenta que los resultados de la digestibilidad y la degradabilidad ruminal de los componentes dietéticos se encuentran relacionados directamente con la composición química de los forrajes y, específicamente, con los contenidos de metabolitos secundarios con propiedades antinutricionales (Larbi *et al.*, 1997), es muy importante dilucidar las particularidades de las especie estudiadas. Aun más cuando se carece de información detallada sobre la influencia de los patrones fitoquímicos en los principales parámetros del valor nutritivo.

En ese sentido, *A. lebeck* y *G. sepium* exhibieron una degradabilidad de la MS a tiempo cero (a) y potencial de degradación significativamente superior. *L. macrophylla* presentó la mayor fracción potencialmente degradable (b) y el follaje de *G. sepium* tuvo la mayor degradación de la PC a las 48 h. En tanto, no se observaron diferencias significativas en la velocidad de degradación de los forrajes en ninguno de los casos.

Cuadro 3. Valor nutritivo del follaje de leguminosas forrajeras tropicales.

Especie	Parámetro Degradabilidad §				Deg. PC a 48 h	DPIVPC
	a	b	a+b	c		
		%		h ⁻¹		%
<i>A. caribaea</i>	45,3c†	16,3d	61,6c	0,071	69,2b	38,7b
<i>A. lebbbeck</i>	61,2a	22,9c	84,1a	0,102	69,6b	36,2b
<i>C. fistuca</i>	27,6d	17,4b	45,0e	0,080	32,9e	16,5d
<i>C. grandis</i>	21,3d	16,9d	42,2e	0,092	29,6e	11,0d
<i>P. dulce</i>	51,7b	25,0b	76,7b	0,096	62,2b	66,7a
<i>P. saman</i>	41,2c	12,2e	53,4d	0,109	65,6b	31,2c
<i>G. sepium</i>	62,3a	21,7c	84,0a	0,106	89,7a	6,7e
<i>L. macrophylla</i>	13,2e	29,4a	42,6e	0,092	43,3d	12,2d
<i>L. latifolium</i>	11,1e	17,4d	28,5f	0,088	31,8e	5,5e
<i>E. contortisilicum</i>	41,1c	13,2e	54,3d	0,095	59,6c	39,0c
EE	7,8	2,3	5,7	0,04	6,7	5,1

† Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente mediante la dódima de comparación de SNK para $P < 0,05$.

§ Deg.: degradabilidad de la MS; a: fracción degradable en el $t=0$; b: fracción insoluble, pero potencialmente degradable; (a+b): potencial de degradación; c: velocidad de degradación. DPIVPC: digestibilidad postruminal *in vitro* de la proteína cruda. EE: Error estándar.

Los relativamente elevados porcentajes de degradación de la MS, quizás se encuentren relacionados con la significativa proporción de nutrimentos solubles y la baja fracción fibrosa en las leguminosas; aspecto señalado por Pinto *et al.* (2002) al evaluar la composición química y el valor nutritivo de numerosos árboles en el sudeste de México.

Por otra parte, los porcentajes del parámetro b, en todos los forrajes, fueron inferiores a los estimados por García (2003) en especies no leguminosas con bajas concentraciones de compuestos tánicos. Sin embargo, coincide con lo informado por González y Cáceres (2002) en forrajeras típicas del trópico las cuales contienen polifenoles, Sap y taninos en su biomasa.

Aunque se observaron diferencias estadísticas acentuadas entre las especies evaluadas, el potencial de degradación de todos los forrajes fue adecuado y se encontró en el rango de otras leguminosas tales como *Leucaena*, *Erythrina* y *Acacia* (Pinto *et al.*, 2002). Dichos resultados apoyan lo expresado por numerosos autores en cuanto a la factibilidad de utilizar el follaje de los árboles con elevados niveles de nitrógeno en la alimentación de los rumiantes (Lamers *et al.*, 1996; Larbi *et al.*, 1997; El Hassan *et al.*, 2000).

Con relación a la degradación de la proteína, los resultados también coinciden con los informados en *P. dulce*, *Genipa americana*, *Erythrina goldmanii*, *L. leucocephala* y *Acacia milleriana*, especies con apreciables niveles de polifenoles y de amplia distribución en los sistemas agroforestales (Pinto *et al.*, 2002). No obstante, los referidos autores utilizaron un tiempo de incubación inferior (24 h).

Considerando la digestibilidad del nitrógeno no degradado en el rumen, la baja proporción digerida en las partes bajas del tracto gastrointestinal, excepto en las especies de *Albizia* y *Pithecellobium*, coincide con lo obtenido por Kaitho *et al.* (1997) en algunos suplementos fibrosos de África con elevadas proporciones de polifenoles en la biomasa.

Independientemente de los mejores resultados observados en *A. lebbeck*, *P. dulce* y *G. sepium*, en cuanto a su degradabilidad y digestibilidad postruminal del nitrógeno, todas las especies presentaron un aceptable valor nutritivo y pueden utilizarse, considerando sus particularidades, como suplementos para rumiantes en las condiciones tropicales.

Aceptabilidad relativa

En el Cuadro 4 se presenta el comportamiento de la aceptabilidad de las leguminosas evaluadas por parte de los ovinos. *C. fistula*, *C. grandis* y *L. latisiliquum* no fueron ramoneadas durante el tiempo de evaluación. Sin embargo, *A. caribaea*, *P. dulce* y *P. saman* fueron medianamente consumidas por los animales a partir del quinto día. Por su parte, *A. lebbeck*, *G. sepium*, *L. macrophylla* y *E. contortisilicum* fueron altamente aceptadas a partir del segundo día de introducidos los pequeños rumiantes. Al finalizar el experimento las leguminosas agrupadas en esta última categoría se encontraban totalmente defoliadas; mientras que las medianamente ramoneadas presentaban el 20% de la biomasa comestible.

Si bien es conocido que el consumo que realizan los animales en pastoreo libre no solo depende de la composición química de las plantas que forman parte de su dieta, sino también del tipo de rumiante, la categoría animal y sus hábitos alimentarios, la disponibilidad y proporción de gramíneas en el área y de factores intrínsecos de las especies, tales como su arquitectura, la aparición de espinas, la rugosidad y la pubescencia de las hojas. Los niveles de metabolitos secundarios constituyen un factor importante que se debe considerar, para comprender de forma integral la selección realizada por los animales (Pinto *et al.*, 2003).

Cuadro 4. Aceptabilidad relativa de especies forrajeras.

Especie	Aceptabilidad por ovinos
<i>A. caribaea</i>	Medianamente ramoneada
<i>A. lebeck</i>	Altamente ramoneada
<i>C. fistula</i>	No ramoneada
<i>C. grandis</i>	No ramoneada
<i>P. dulce</i>	Medianamente ramoneada
<i>P. saman</i>	Medianamente ramoneada
<i>G. sepium</i>	Altamente ramoneada
<i>L. macrophylla</i>	Altamente ramoneada
<i>L. latisiliquum</i>	No ramoneada
<i>E. contortisilicum</i>	Altamente ramoneada

En este sentido, los resultados coinciden con los obtenidos por Toral y Simón (2001) con relación a que *A. lebeck* y especies del género *Leucaena* fueron las leguminosas más ramoneadas por bovinos en Cuba, mediante el uso de la misma metodología utilizada en esta investigación. Sin embargo, algunos autores no han encontrado relación directa entre la aceptabilidad de los forrajes ofertados y la calidad de estos, tanto en pastoreo libre como en pruebas de estabulación (Baldizán, 2003; Pinto *et al.*, 2003). Dichos resultados quizás se deben a que la evaluación de la composición química se ha basado exclusivamente en la determinación de los principales indicadores bromatológicos y, en el mejor de los casos, solamente se ha investigado la presencia o los niveles de FT y TC sin considerar otros grupos tales como los TT, TPP, Sap, TH y Alc que presentan probada acción detrimental y también se encuentran relacionados con el consumo voluntario y la aceptabilidad de los follajes arbóreos.

Específicamente el rechazo de los ovinos a *C. fistula*, *C. grandis* y *L. latisiliquum* en las condiciones experimentales no limita el uso de estas fuentes de forraje; ya que la combinación de dichos materiales con la biomasa comestible de otras plantas que contengan bajos niveles de los principales grupos de metabolitos con propiedades antinutricionales, constituye una alternativa viable para los sistemas en los cuales estas leguminosas constituyan la opción por excelencia.

CONCLUSIONES

La biomasa comestible de *A. lebeck*, *A. caribaea*, *C. grandis*, *C. fistula*, *P. dulce*, *P. saman*, *G. sepium*, *L. macrophylla*, *L. latisiliquum* y *E.*

contortisilicum presenta buena calidad bromatológica por sus elevados contenidos proteicos y baja fracción fibrosa. Sin embargo, *L. latissiliquum*, *C. fistula*, *C. grandis* y *L. macrophylla* exhiben apreciables concentraciones de compuestos polifenólicos y *A. caribaea*, *P. saman* y *E. contortisilicum* presentan considerables niveles de saponinas que pueden influir en el valor nutritivo y la aceptabilidad realizada por los ovinos. Independientemente de que todas constituyen buenas alternativas para la alimentación de los rumiantes, el follaje de *A. lebeck*, *P. dulce*, *G. sepium* y *E. contortisilicum* presentan la mayor factibilidad nutricional.

LITERATURA CITADA

- Abdulrazak S.S., T. Fujihara, J.K. Ondiek y E.R. Ørskov. 2000. Nutritive evaluation of some *Acacia* tree leaves from Kenya. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 85: 89-98.
- Aerts R.J., T.N. Barry y W.C. Mc Nabb. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. *Agric., Ecosys. Environ.*, 75: 1-12.
- Ahn J., R. Elliott y B. Norton. 1997. Oven drying improves the nutritional value of *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* as supplements for sheep given low. *J. Sci. Agric.*, 75: 503-510.
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA. 500 p.
- Aregheore E.M., H.P.S. Makkar y K. Becker. 1998. Feed value of some browse plants from Central Zone of Delta State Nigeria. *Trop. Sci.*, 38: 97-102.
- Baldizán A. 2003. Producción de biomasa y nutrientes de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. Tesis Doctor en Ciencias Agrícolas, Postgrado en Producción Animal. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Aragua, Venezuela. 288 p.
- Calsamiglia S. y M.D. Etern. 1995. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 73: 1459-1564.

- El Hassan S.M., A. Lahlou., C.J. Newbold y R.J. Wallace. 2000. Chemical composition and degradation characteristics of foliage of some African multipurpose trees. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 86:27-33.
- García D.E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis Master en Pastos y Forrajes, EEPF "Indio Hatuey", Cuba. 97 p.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27(2): 101-111.
- González E. y O. Cáceres. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*, 25(1): 15-19.
- Hess H.D., M. Kreuzer, T.E. Díaz, C.E. Lascano, D.E. Carulla, C. Soliva y A. Machmuller. 2003. Saponin rich tropical fruits affect fermentation and methanogenesis in faunated and defaunated rumen fluid. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 109: 79-84.
- Hiai S., H. Oura y T. Nakajima. 1976. Color reaction of some saponins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica*, 29(2): 116-119.
- Kaitho R.J., N.N. Umunna, I.V. Nsahlai, S. Tamminga y J. Van Bruchem. 1997. Utilization of browse supplements with varying tannin levels by Ethiopian Menz sheep. I. Intake, digestibility and live weight changes. *Agroforestry Systems*, 39: 145-149.
- Lamers J., A. Buerkert, H. P. S. Makkar, M. V. Oppen y K. Becker. 1996. Biomass production, feed economic value of fodder weeds as by-products of millet. *J. Exp. Agric.*, 32: 317-326.
- Larbi A., J. W. Smith, A. M. Raji, I. O. Kurdi, I. O. Adekunle y P. Lapido. 1997. Seasonal dynamic in dry matter degradation of browse in cattle, sheep and goats. *Small Rum. Res.*, 25: 129-133.
- Lezcano S. Q. y R. González. 2000. Metodología para la evaluación de alimentos de consumo animal. Inst. Ciencia Animal, EDICA. La Habana, Cuba. 93 p.

- Makkar H. P. S. y K. Becker. 1994. Isolation of tannins from trees and shrubs and their properties. *J. Agric. Food Chem.*, 42: 731-734.
- Makkar H. P. S., A.V Goodchild, A.M. Abd-El-Monein y K. Becker. 1996. Cell-constituents, tannin levels by chemical and biological assays and nutritional value of some legume foliage and straws. *J. Sci. Food Agric.*, 71: 129-136.
- Makkar H. P. S. y K. Becker. 1998. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity? *Agroforestry Systems*, 40(1): 59-68.
- Makkar, H. P. S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Klumer Academic Publishers. Netherlands. 102 p.
- Makkar H. P. S., K. Becker, E. Abel y E. Pawelzik. 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factor in some colour- and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *J. Sci. Food Agric.*, 45: 511-520.
- Makkar H. P. S., R. K. Dawra y B. Singh. 1988. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *J. Agric. Food Chem.*, 36: 523-525.
- Mehrez A. Z. y E. R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.*, 88: 645-649.
- Ørskov E. R. y I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.*, 92: 499-504.
- Pedraza R. M., O. La O, J. Estévez, G. Guevara y S. Martínez. 2003. Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. *Pastos y Forrajes*, 26(3): 237-241.
- Pineda M. 2004. Resúmenes de Fisiología vegetal. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 204 p.
- Pinto R., H. Gómez, A. Hernández, F. Medina, B. Martínez, V.H. Aguilar, I. Villalobos, J. Nahed y J. Carmona. 2003. Preferencia ovina de árboles

- forrajeros del Centro de Chiapas, México. Pastos y Forrajes, 26(4): 329-334.
- Pinto R., L. Ramírez, J. C. Kú-Vera y L. Ortega. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. Pastos y Forrajes, 25(3): 171-180.
- Porter L. J., L. N. Hrstich y B. G. Chan. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cianidin and delphinidin. Phytochem., 25: 223-230.
- Sotelo A, E. Contrera y S. Flores. 1995. Nutritional value and content of antinutritional compounds and toxics in ten wild legumes of Yucatan Peninsula. Plant Food, 47: 115-123.
- Sotelo A, M. Soto y B. Lucas. 1996. Comparative studies of the alkaloids composition of two Mexican *Erythrina* species and nutritive value of the detoxified seeds. J. Agric. Food Chem., 41: 2340-2343.
- Toral O. y L. Simón. 2001. Aceptabilidad relativa de especies arbóreas forrajeras de los géneros *Leucaena* y *Albizia*. Pastos y Forrajes, 24(3): 209-216.
- Valerio S. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Agroforestería en las Américas, 1:10-13.
- Van Soest P. J., J. Robertson y B. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci., 74: 3583-3597.