

# COMPOSICIÓN PROXIMAL, NIVELES DE METABOLITOS SECUNDARIOS Y VALOR NUTRITIVO DEL FOLLAJE DE ALGUNOS ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

PROXIMAL COMPOSITION, SECONDARY METABOLITES LEVEL AND NUTRITIVE VALUE OF SOME TROPICAL TREE FODDER FOLIAGES

García, D.E.<sup>1\*</sup>, M.G. Medina<sup>2</sup>, J. Humbría<sup>1</sup>, C. Domínguez<sup>3</sup>, A. Baldizán<sup>3</sup>, L. Cova<sup>1</sup> y M. Soca<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel". Universidad de los Andes. Estado Trujillo. Venezuela. \*dagamar8@hotmail.com

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Estado Trujillo. Venezuela.

<sup>3</sup>Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos" (UNERG). San Juan de Los Morros. Estado Guárico. Venezuela.

<sup>4</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas. Cuba.

## PALABRAS CLAVE ADICIONALES

Composición química. Factores antinutricionales. Leguminosas. Degradabilidad. Digestibilidad. *Albizia*. *Cassia*. *Pithecellobium*.

## ADDITIONAL KEYWORDS

Chemical composition. Antinutritional factors. Leguminous. Degradability. Digestibility. *Albizia*. *Cassia*. *Pithecellobium*.

## RESUMEN

Se evaluó la composición química y el valor nutritivo de leguminosas de los géneros *Albizia* (*A. caribaea* y *A. lebeck*), *Cassia* (*C. fistula* y *C. grandis*) y *Pithecellobium* (*P. dulce* y *P. saman*) en el estado Trujillo, Venezuela. La fracción fibrosa, los carbohidratos solubles, los minerales y la ceniza mostraron las mayores variaciones en cuanto a la composición bromatológica ( $p < 0,05$ ). El follaje de *C. grandis* exhibió niveles sobresalientes de polifenoles totales, taninos totales, taninos que precipitan las proteínas y taninos hidrolizables (5,61; 3,59; 3,64 y 0,28 p.100, respectivamente). Las concentraciones más elevadas de taninos condensados correspondieron a *C. fistula* (4,79 p.100), *C. grandis* (4,10 p.100) y *P. dulce* (4,54 p.100). La biomasa comestible de *A. caribaea* y *P. saman* presentó cantidades importantes de saponinas

(3,50 y 3,85 p.100, respectivamente). Los mayores porcentajes de alcaloides y fósforo fítico correspondieron a *A. lebeck* (0,51 p.100) y *P. saman* (0,22 p.100), respectivamente. El forraje de *A. lebeck* presentó el mayor potencial de degradación de la MS (a+b: 84,1 p.100). La biomasa de *C. fistula* y *C. grandis* mostró la menor degradación ruminal de la PB (32,9 y 29,6 p.100, respectivamente) y el follaje de *P. dulce* exhibió la mayor digestibilidad intestinal de la proteína (66,7 p.100). La biomasa de las especies evaluadas, aunque presentan características distintivas en cuanto a su composición química, constituyen buenas alternativas para la alimentación de los rumiantes. El menor valor nutricional de *C. fistula* y *C. grandis* se debe, quizás, a los considerables niveles de compuestos polifenólicos en su biomasa.

*Arch. Zootec.* 55 (212): 373-384. 2006.

## SUMMARY

Chemical composition and nutritive value of *Albizia* (*A. caribaea* y *A. lebbek*), *Cassia* (*C. fistula* y *C. grandis*) and *Pithecellobium* (*P. dulce* y *P. saman*) edible biomass were evaluated at Trujillo state, Venezuela. The fibrous fraction, soluble carbohydrates, minerals and ash showed greater variations regarding bromatological composition ( $p < 0.05$ ). *C. grandis* foliage exhibited the highest level of total polyphenols, total tannins, precipitant proteins tannins and hydrolysable tannins (5.61, 3.59, 3.64 and 0.28 percent, respectively). The highest concentrations of condensed tannins corresponded with *C. fistula* (4.79 percent), *C. grandis* (4.70 percent) and *P. dulce* (4.54 percent). The edible biomass of *A. caribaea* and *P. saman* showed important quantity of saponins (3.50 and 3.85 percent, respectively). The greater percentage of alkaloids and phytic phosphorus corresponded with *A. lebbek* (0.51 percent) and *P. saman* (0.22 percent), respectively. *A. lebbek* forage showed the highest DM degradation potential (a+b: 84.1 percent). *C. fistula* y *C. grandis* biomass showed the lowest CP (32.9 and 29.6 percent, respectively) and *P. dulce* foliage presented the biggest protein intestinal digestibility (66.7 percent). The edible biomass of evaluated species, although presents distinguishing characteristics about chemical composition; constitutes good alternatives for ruminant feeding. The smaller nutritional value of *C. fistula* and *C. grandis* perhaps must at the considerable polyphenolic compound levels.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, los países latinoamericanos han explorado otras alternativas, en el campo de los recursos alimenticios, que puedan sustituir parcialmente el uso de concentrados comerciales para proveer de una ma-

nera eficiente y económicamente viable una producción animal sostenible.

En este sentido, las plantas arbóreas y arbustivas han tenido un papel preponderante por sus considerables niveles proteicos, valor nutritivo, naturaleza multipropósito y amplio margen de adaptación a climas y suelos (García, 2003).

El trópico americano contiene muchas especies con potencial forrajero, entre las que se destacan las integrantes de la familia *Leguminosae*. 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* y *Pithecellobium* por su elevada distribución geográfica, sobresaliente producción de biomasa y elevada sobrevivencia en condiciones naturales.

Debido a las perspectivas y bondades de estas plantas para la ganadería tropical se precisa conocer, de manera integrada, las características fundamentales de su composición química, estableciendo las principales ventajas y limitaciones en el uso de cada fuente de alimento; aun más cuando la mayoría de estas forrajeras no convencionales presentan en su biomasa y legumbres algunos compuestos generados por su metabolismo que pueden afectar drásticamente el funcionamiento digestivo de los rumiantes que las consumen (Kaitho *et al.*, 1997).

Por tales motivos el presente trabajo tuvo como propósito fundamental la evaluación de la composición bromatológica, la cuantificación de los grupos de metabolitos secundarios principales y la estimación de algunos indicadores del valor nutritivo en la

## CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

biomasa comestible de seis leguminosas de los géneros *Albizia*, *Cassia* y *Pithecellobium*.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### CARACTERÍSTICAS DE LA 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. Se realizó un único muestreo en cinco parcelas de 3 x 5 m; las cuales, de forma individual, contenían las seis especies a evaluar podadas periódicamente a 0,5 m sobre el nivel del suelo. La precipitación promedio anual en la zona es de 1674 mm y la temperatura media de 28 grados Celsius.

#### RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE MUESTRAS

La fracción comestible (800 gramos de hojas y tallos finos de 180 días) de *Albizia lebeck* (Benth.), *Albizia caribaea* Britton & Rose C. (Urban), *Cassia grandis* (L.), *Cassia fistula* (L.), *Pithecellobium dulce* Roxb (Benth.) y *Pithecellobium saman* Jacq. (Benth.) fue colectada en el mes de febrero de 2004 a las 8:00 a.m. Se tomaron cinco muestras de cada leguminosa, constituida por las partes de la región apical, media y basal de la biomasa a partir de cinco plantas de cada especie. 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 hasta un tamaño de partícula de 1 mm, y se almacenaron en frascos herméticos hasta la realización de los análisis de laboratorio.

#### MEDICIONES ANALÍTICAS

##### *Bromatología*

A cada muestra se le determinó el contenido de materia seca (MS), proteína bruta (PB), PB unida a la FDN (PB-FDN), proteína verdadera (PV), P, K y ceniza mediante las metodologías propuestas por la AOAC (1990). La fracción fibrosa (FDN, FDA, lignina ácido detergente (LAD), celulosa y hemicelulosa) se cuantificó según los protocolos descritos por Van Soest *et al.* (1991) y los carbohidratos solubles (CHS) por la técnica de la antrona/ $H_2SO_4$  (Lezcano y González, 2000).

##### *Metabolitos secundarios*

Los niveles de compuestos secundarios se determinaron en todas las muestras, realizando los análisis por triplicado. 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 los taninos que precipitan las proteínas (TPP) se determinaron 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/ $Fe^{3+}$  (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 deter-

minaron por titulación ácida (Sotelo *et al.*, 1996) y las saponinas (Sap) mediante el desarrollo de color con vainillina/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Hiai *et al.*, 1976). Los niveles de fósforo fítico se cuantificaron a través de la secuencia experimental descrita por Godoy *et al.* (2005) con la utilización de solución extractora [HCl(1,2 p.100)+NaSO<sub>4</sub>(10 p.100)].

#### Valor nutritivo

En la estimación de la degradabilidad *in situ* se emplearon tres muestras de cada especie, las cuales fueron molidas hasta el tamaño de partícula adecuado (2 mm). El material vegetal utilizado para este ensayo provenía de la recolección inicial que se llevó a cabo. El experimento se desarrolló en periodos continuos de cuarenta y cinco días (treinta de adaptación a la dieta y quince de mediciones) para cada leguminosa. Las pruebas se realizaron en el siguiente orden: *A. lebbeck*, *C. grandis*, *P. dulce*, *A. caribaea*, *C. fistula* y *P. saman*.

La determinación de la MS (secado en estufa) y la PB (método Kjeldahl) se realizaron siguiendo las indicaciones de la AOAC (1990). La degradabilidad del primer indicador se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando dos bolsas (50 micra) por cada tiempo de incubación (4, 8, 16, 24, 48, 72 y 96 horas) y tres repeticiones. Aproximadamente 2 g de forraje fueron incubados en el rumen de tres ovinos de la raza Merino (57,4 ± 2,65 kg de peso vivo) los cuales, con anterioridad, fueron adaptados a consumir el forraje de los árboles por treinta días, como suplemento de una

dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon* sp.), concentrado comercial (170 g/animal/día) y agua a voluntad. Tanto en la fase de adaptación como en el periodo experimental la oferta de cada forraje fue de 1,5 kgMS/animal/día y el consumo promedio de las especies evaluadas fue de 120, 96, 104, 98, 78 y 91 gMS/animal/día de *A. lebbeck*, *C. grandis*, *P. dulce*, *A. caribaea*, *C. fistula* y *P. saman*, respectivamente.

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® (IFRU, Rowett Research Institute, UK, 1995).

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 PB se empleó el tiempo de incubación de 48 horas y la digestibilidad posruminal *in vitro* 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) y validado para su utilización en arbóreas forrajeras.

#### Métodos estadísticos

Se utilizó un análisis de varianza simple para comparar los resultados. Se empleó la dódima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) mediante el paquete estadístico SPSS 10.0

## CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

y las medias fueron comparadas para  $p < 0,05$ .

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### ANÁLISIS PROXIMAL

En la **tabla I** se muestran los resultados del análisis bromatológico en las especies evaluadas, entre las que no hubo diferencias significativas en los niveles de MS, PB, PV, PB-FDN y FDN. No obstante, la mayor proporción de FDA y LAD correspondió a *A. caribaea* y *P. saman*; mientras que el follaje de *C. grandis* y *P. dulce* exhibió las mayores proporciones de celulosa y hemicelulosa. Por su parte, *A.*

*caribaea* presentó la concentración más baja de CHS.

Los niveles de minerales se diferenciaron entre las especies, en *A. lebbeck* y *C. fistula* se observaron las menores proporciones de fósforo y en *A. caribaea* concentraciones inferiores de potasio. Los porcentajes de ceniza oscilaron entre 5,65 y 8,92 p.100 y las especies de *Cassia* y *A. caribaea* presentaron las cantidades más sobresalientes.

Independientemente de las diferencias numéricas encontradas, fundamentalmente en los componentes de la fracción fibrosa, en los contenidos de minerales y las concentraciones de CHS, todas las especies se caracteri-

**Tabla I.** Composición proximal de la biomasa comestible de árboles forrajeros tropicales de los géneros *Albizia*, *Cassia* y *Pithecellobium* (Proximal composition of *Albizia*, *Cassia* and *Pithecellobium* genus tropical trees fodder edible biomass).

| Indicador<br>(p.100 BS) | Especie            |                    |                    |                    |                    |                    | ±EE   |
|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                         | <i>A. caribaea</i> | <i>A. lebbeck</i>  | <i>C. fistula</i>  | <i>C. grandis</i>  | <i>P. dulce</i>    | <i>P. saman</i>    |       |
| MS                      | 52,72              | 50,82              | 44,12              | 52,64              | 45,65              | 47,73              | 6,73  |
| PB                      | 17,70              | 19,16              | 16,47              | 15,67              | 19,38              | 18,48              | 2,66  |
| PV                      | 11,87              | 10,62              | 10,88              | 12,53              | 15,60              | 14,64              | 4,29  |
| PB-FND                  | 13,63              | 12,62              | 10,11              | 10,34              | 11,65              | 12,89              | 2,88  |
| FDN                     | 45,12              | 42,22              | 40,48              | 42,83              | 43,35              | 39,47              | 5,64  |
| FDA                     | 27,65 <sup>a</sup> | 24,93 <sup>b</sup> | 24,10 <sup>b</sup> | 22,23 <sup>b</sup> | 22,71 <sup>b</sup> | 26,45 <sup>a</sup> | 2,14* |
| LAD                     | 14,54 <sup>a</sup> | 10,12 <sup>b</sup> | 10,30 <sup>b</sup> | 9,57 <sup>b</sup>  | 9,91 <sup>b</sup>  | 12,96 <sup>a</sup> | 2,08* |
| Celulosa                | 6,98 <sup>b</sup>  | 6,83 <sup>b</sup>  | 7,13 <sup>b</sup>  | 9,82 <sup>a</sup>  | 9,58 <sup>a</sup>  | 7,82 <sup>b</sup>  | 0,94* |
| Hemicelulosa            | 17,47 <sup>b</sup> | 17,29 <sup>b</sup> | 16,38 <sup>b</sup> | 20,60 <sup>a</sup> | 20,64 <sup>a</sup> | 13,02 <sup>c</sup> | 2,12* |
| CHS                     | 9,76 <sup>b</sup>  | 13,34 <sup>a</sup> | 14,25 <sup>a</sup> | 14,29 <sup>a</sup> | 16,27 <sup>a</sup> | 15,53 <sup>a</sup> | 3,21* |
| P                       | 0,24 <sup>c</sup>  | 0,18 <sup>d</sup>  | 0,19 <sup>d</sup>  | 0,25 <sup>c</sup>  | 0,47 <sup>b</sup>  | 0,60 <sup>a</sup>  | 0,06* |
| K                       | 0,43 <sup>c</sup>  | 0,72 <sup>b</sup>  | 1,32 <sup>a</sup>  | 0,85 <sup>b</sup>  | 1,45 <sup>a</sup>  | 0,88 <sup>b</sup>  | 0,09* |
| Ceniza                  | 8,92 <sup>a</sup>  | 6,86 <sup>b</sup>  | 8,29 <sup>a</sup>  | 7,98 <sup>a</sup>  | 6,46 <sup>b</sup>  | 5,65 <sup>b</sup>  | 1,25* |

(a,b,c,d) Medias con superíndices desiguales, en una misma fila, difieren estadísticamente mediante la dódima de comparación de SNK para  $p < 0,05$ \*; ±EE: Error estándar; MS: materia seca; PB: proteína bruta; PB-FDN: PB unida a la fibra detergente neutro; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; LAD: lignina ácido detergente; CHS: carbohidratos solubles; P: fósforo; K: potasio; BS: base seca.

zaron por presentar elevados niveles proteicos, así como una aceptable composición de macroelementos que en sentido general son similares, y en algunos casos superiores, a los informados en otras leguminosas típicas tales como *Leucaena* y *Gliricidia* (Colectivo de autores, 2000).

Las diferencias encontradas en algunos de los componentes de la fracción fibrosa, quizás están relacionadas con las particularidades químico-estructurales de la pared celular de cada especie, aspectos que solo se encuentran regidos por el factor genético (Pineda, 2004).

Con relación a las cantidades de PB encontradas en la biomasa, los niveles son comparables con las concentraciones clásicas de la mayoría de las arbóreas y, específicamente coincide con las concentraciones informa-

das por Pedraza *et al.* (2003) al evaluar el perfil proteico de un numeroso grupo de árboles forrajeros tropicales. Por tales motivos, las especies evaluadas de los géneros *Albizia*, *Cassia* y *Pithecellobium* también pueden ser consideradas como suplementos esencialmente proteicos en las dietas de mala calidad para los rumiantes.

#### METABOLITOS SECUNDARIOS

Los resultados del análisis fitoquímico en el follaje de las especies evaluadas se muestra en la **tabla II**.

*C. grandis* presentó el nivel más elevado de FT; el resto de las leguminosas exhibieron concentraciones que oscilaron entre 2,25 y 3,10 p.100, las cuales no mostraron diferencias significativas entre sí. No obstante, es difícil compararlos con los resultados reportados por otros autores en las

**Tabla II.** Niveles de metabolitos secundarios en el follaje de seis árboles forrajeros tropicales. (Secondary metabolites level of six tropical trees fodder foliages).

| Metabolitos<br>(p.100 BS) | Especie            |                    |                   |                   |                   |                   | ±EE   |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
|                           | <i>A. caribaea</i> | <i>A. lebbbeck</i> | <i>C. fistula</i> | <i>C. grandis</i> | <i>P. dulce</i>   | <i>P. saman</i>   |       |
| FT <sup>1</sup>           | 2,41 <sup>b</sup>  | 2,25 <sup>b</sup>  | 3,10 <sup>b</sup> | 5,61 <sup>a</sup> | 2,96 <sup>b</sup> | 2,53 <sup>b</sup> | 0,95* |
| TT                        | 2,82 <sup>b</sup>  | 0,46 <sup>d</sup>  | 2,87 <sup>b</sup> | 3,59 <sup>a</sup> | 2,62 <sup>b</sup> | 1,42 <sup>c</sup> | 0,51* |
| TPP <sup>1</sup>          | 0,68 <sup>c</sup>  | 0,35 <sup>d</sup>  | 3,37 <sup>a</sup> | 3,64 <sup>a</sup> | 1,63 <sup>b</sup> | 0,82 <sup>c</sup> | 0,32* |
| TC <sup>2</sup>           | 2,33 <sup>b</sup>  | 0,30 <sup>c</sup>  | 4,79 <sup>a</sup> | 4,70 <sup>a</sup> | 4,54 <sup>a</sup> | 2,03 <sup>b</sup> | 0,35* |
| TH <sup>3</sup>           | 0,16 <sup>b</sup>  | 0,11 <sup>b</sup>  | 0,12 <sup>b</sup> | 0,28 <sup>a</sup> | 0,04 <sup>c</sup> | 0,06 <sup>c</sup> | 0,08* |
| Sap <sup>4</sup>          | 3,50 <sup>a</sup>  | 1,28 <sup>b</sup>  | 1,35 <sup>b</sup> | 1,62 <sup>b</sup> | 1,78 <sup>b</sup> | 3,85 <sup>a</sup> | 0,83* |
| AlcT                      | 0,40 <sup>b</sup>  | 0,51 <sup>a</sup>  | 0,30 <sup>c</sup> | 0,32 <sup>c</sup> | 0,05 <sup>e</sup> | 0,16 <sup>d</sup> | 0,02* |
| P fítico                  | 0,14 <sup>b</sup>  | 0,11 <sup>b</sup>  | 0,10 <sup>b</sup> | 0,10 <sup>b</sup> | 0,12 <sup>b</sup> | 0,22 <sup>a</sup> | 0,07* |

(a,b,c,d,e) Medias con superíndices desiguales, en una misma fila, difieren estadísticamente mediante la dócima de comparación de SNK para  $p < 0,05^*$ ; ±EE: Error estándar; FT: polifenoles totales; TT: taninos totales; TPP: taninos que precipitan las proteínas; TC: taninos condensados; TH: taninos hidrolizables; AlcT: alcaloides totales; Sap: saponinas; P fítico: fósforo fítico; <sup>1</sup>como equivalente de ácido tánico; <sup>2</sup>como equivalente de leucocianidina; <sup>3</sup>como equivalente de ácido gálico; <sup>4</sup>como equivalente de diosgenina; BS: base seca.

## CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

misma especie, ya que las cuantificaciones han sido realizadas mediante otros procedimientos (método de Folin-Dennis, precipitación con  $\text{Yb}(\text{OAc})_3$  o reacción con vainillina en medio ácido) y factores tales como el estado fenológico y la edad de la biomasa no se han definido en todos los casos.

Al compararlas con cuantificaciones realizadas empleando el mismo protocolo experimental, 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).

En ese sentido, a excepción de *C. grandis* (5,61 p.100), los contenidos de FT encontrados no superan los límites críticos en los cuales ocasionan daños al buen funcionamiento digestivo de los rumiantes (Makkar, 2003).

Por otra parte, el nivel de TT en la misma especie (3,59 p.100) fue significativamente superior al del resto de las arbóreas estudiadas y sobrepasó la concentración a partir de la cual se comienza a afectar la fermentación ruminal. Asimismo, los contenidos en *A. caribaea*, *C. fistula* y *P. dulce*, cuyos niveles se consideran intermedios, se encuentran en el límite crítico (2,2 p.100) señalados por el mismo autor, en el cual los taninos comienzan a causar efectos detrimentales en la nutrición.

No obstante, la cantidad de taninos con actividad biológica, expresada como la proporción de polifenoles con características precipitantes (TPP), es un elemento positivo a considerar en el caso de *A. caribaea*, *A. lebbeck*, *P. dulce* y *P. saman* (bajas concentra-

ciones), y un aspecto negativo en *C. fistula* y *C. grandis* (niveles significativamente superiores) al evaluar integralmente el potencial antinutritivo de la fracción polifenólica de estas especies.

Basado en los resultados sobre los polifenoles con actividad biológica (precipitación con BSA), a excepción de las especies de *Cassia*, solo una parte de los taninos presentes en las leguminosas estudiadas precipitan las proteínas; resultados que corroboran lo planteado por Makkar (2003) con relación a que el análisis individual de las concentraciones de FT, TT y TC, sin considerar la capacidad de los polifenoles para precipitar las proteínas, no constituyen indicadores fidedignos para estimar las propiedades antinutricionales en algunos forrajes.

Desde el punto de vista nutricional este indicador tiene gran importancia, ya que las concentraciones de los TPP en las especies de *Albizia* y *Pithecellobium* se encuentran en el rango en el cual no se afecta el buen funcionamiento digestivo y aumenta la posibilidad de formación de proteínas sobrepasante, facilitando así la digestibilidad posruminal de la proteína (Aerts *et al.*, 1999).

Asimismo, el follaje de *C. fistula* y *C. grandis* presentó cantidades de TPP superiores a las encontradas en *Cassia siame*, *Vernonia amygdalina* y *Gliricidia sepium*, arbóreas promisorias para las regiones desérticas por presentar bajas concentraciones de compuestos fenólicos (Aregheore *et al.*, 1998).

Con relación a los valores de TC, la biomasa de *A. lebbeck* exhibió el menor nivel. No obstante, las concentra-

ciones en el resto de las arbóreas son superiores a las informadas por Lamers *et al.* (1996) en especies ampliamente diseminadas en los subtrópicos (*Alysicarpus* sp. y *Ovalifolius* sp.) y las reportadas por Makkar *et al.* (1996) en la semilla de plantas del género *Vicia* de uso extensivo en Europa y América.

Los niveles de TC en las especies de *Cassia* y *P. dulce* son similares a los reportados en las arbóreas *Acacia nilotica* (3,6 p.100) y *Garcinia indica* (4,1 p.100) e inferiores a los de las tortas de *Madhuca indica* (8,0 p.100) y *Panicum miliaceum* (12,4 p.100).

No obstante, la concentración de TC en todas las especies se encuentra, en buena medida, en el rango en que estos metabolitos causan efectos beneficiosos en la nutrición de los animales poligástricos (Aerts *et al.*, 1999).

Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que la cantidad de TC determinados mediante el método de nButanol/HCl/Fe<sup>3+</sup> parece no reflejar, en términos biológicos, las propiedades detrimenales de los taninos, debido a que puede existir mucha variabilidad en cuanto al grado de polimerización, la conformación espacial y la proporción de cada monómero (Makkar y Becker, 1994).

Con relación a las concentraciones de TH, la biomasa comestible de *C. grandis* presentó el mayor contenido y las especies de *Pithecellobium* los más bajos. En este sentido, los niveles son inferiores a los informados en algunos árboles y arbustos representativos en los sistemas agroforestales de otras latitudes, tales como *Dichrostachys cinerea* (0,73 p.100), *Acacia giraffae* (1,6 p.100), *Calliandra*

*calothyrsus* (2,0 p.100) y *Eucalyptus macrophylla* (3,6 p.100) (Makkar, 2003).

Estos taninos también se pueden unirse a las proteínas, afectar la fermentación y causar efectos adversos similares a los TC cuando se suministran en grandes cantidades. No obstante, la baja proporción de TH en todas las especies, con respecto a los TC, le confiere menor importancia desde el punto de vista antinutritivo.

Al analizar los niveles de Sap, las concentraciones encontradas en *A. caribaea* y *P. saman* son muy elevadas si se compara con los niveles exhibidos por el fruto de esta última (1,7 p.100). No obstante, la cantidad es inferior a la informada en la legumbre de *Sapindus saponaria* (jaboncillo), especie que clásicamente presenta contenidos superiores de estos compuestos y que causa disminuciones significativas en la población de bacterias, hongos y protozoos en el rumen (Hess *et al.*, 2003).

Las concentraciones en el resto de las especies, las cuales no mostraron diferencias significativas entre sí, coinciden con las informadas por Makkar *et al.* (1997) como intermedias, en la semilla de numerosas variedades de *Vicia faba*.

Considerando que las Sap, en muchos casos, son compuestos inhibidores del consumo, la fracción comestible de *A. caribaea* y *P. saman* debe ser utilizada con sumo cuidado en los sistemas de alimentación, con el fin de evitar trastornos en el metabolismo digestivo de los animales que las consumen. No obstante, se necesita realizar mediciones de otros indicadores toxicológicos para poder dilucidar su

## CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

verdadero efecto en la fisiología digestiva.

Por otra parte, en las especies de los géneros *Albizia* y *Cassia* se observó una cantidad importante de alcaloides; estos resultados apoyan la hipótesis de que estas fuentes de nitrógeno no proteico se encuentran diseminadas en la mayoría de los organismos vegetales, principalmente en plantas dicotiledóneas (Sotob *et al.*, 1996). Sin embargo, los niveles en las plantas evaluadas son similares a las concentraciones características de numerosas especies silvestres que no causan toxicidad.

Analizando los niveles de P fítico y la relación de sus concentraciones con la proporción de P total, independientemente de que el follaje de *P. saman* presentó la mayor cantidad, los porcentajes encontrados son similares a

los reportados por Godoy *et al.* (2005) al evaluar este grupo de antinutrientes en algunos alimentos empleados en Venezuela para la alimentación de los rumiantes.

Cuando las concentraciones son similares a las encontradas en este estudio, el ácido fítico es hidrolizado por las bacterias ruminales y no influye en la disponibilidad de los macro y micronutrientes. No obstante, sería necesario realizar estudios en los cuales se cuantifique la actividad fitásica para dilucidar la verdadera disponibilidad del fósforo en estas especies (Pointillart, 1994).

### VALOR NUTRITIVO

Con relación al valor nutritivo de las especies evaluadas, la **tabla III** muestra las diferencias encontradas entre las leguminosas.

**Tabla III.** Parámetros de degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal del nitrógeno en el follaje de árboles forrajeros tropicales. (Ruminal degradability parameters and nitrogen intestinal digestibility in tropical trees fodder foliages).

| Indicador            | Especie            |                   |                   |                   |                   |                   | ±EE   |
|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
|                      | <i>A. caribaea</i> | <i>A. lebbek</i>  | <i>C. fistula</i> | <i>C. grandis</i> | <i>P. dulce</i>   | <i>P. saman</i>   |       |
| DMS a (p.100)        | 45,3 <sup>c</sup>  | 61,2 <sup>a</sup> | 27,6 <sup>d</sup> | 21,3 <sup>d</sup> | 51,7 <sup>b</sup> | 41,2 <sup>c</sup> | 5,4*  |
| b (p.100)            | 16,3 <sup>c</sup>  | 22,9 <sup>a</sup> | 17,4 <sup>b</sup> | 16,9 <sup>b</sup> | 25,0 <sup>a</sup> | 12,2 <sup>c</sup> | 2,3*  |
| a+b (p.100)          | 61,6 <sup>c</sup>  | 84,1 <sup>a</sup> | 45,0 <sup>d</sup> | 42,2 <sup>d</sup> | 76,7 <sup>b</sup> | 53,4 <sup>c</sup> | 6,3*  |
| c (h <sup>-1</sup> ) | 0,071              | 0,102             | 0,080             | 0,092             | 0,096             | 0,109             | 0,025 |
| r <sup>2</sup>       | 0,86               | 0,89              | 0,94              | 0,96              | 0,95              | 0,88              | -     |
| DS                   | 0,03               | 0,04              | 0,04              | 0,02              | 0,03              | 0,02              | -     |
| DPB (p.100)          | 69,2 <sup>a</sup>  | 69,6 <sup>a</sup> | 32,9 <sup>c</sup> | 29,6 <sup>b</sup> | 62,2 <sup>a</sup> | 65,6 <sup>a</sup> | 7,2*  |
| DIVPB (p.100)        | 38,7 <sup>b</sup>  | 36,2 <sup>b</sup> | 16,5 <sup>c</sup> | 11,0 <sup>c</sup> | 66,7 <sup>a</sup> | 31,2 <sup>b</sup> | 6,5*  |

(a,b,c,d) Medias con superíndices desiguales, en una misma fila, difieren estadísticamente mediante la dódima de comparación de SNK para  $p < 0,05^*$ ; ±EE: Error estándar; a: fracción degradable en el t=0; b: fracción insoluble, pero potencialmente degradable; (a+b): potencial de degradación; c: velocidad de degradación; DMS: degradabilidad de la materia seca; DPB: degradabilidad de la proteína bruta a las 48 h; DIVPB: digestibilidad posruminal *in vitro* de la proteína bruta; DS: desviación estándar.

Teniendo en cuenta que la degradabilidad ruminal de los forrajes, está estrechamente relacionada con el consumo y la digestibilidad de los rumiantes en las condiciones naturales (Larbi *et al.*, 1997), es muy importante dilucidar las particularidades de cada especie para poder realizar un uso racional de la biomasa que aportan.

En ese sentido, el follaje de *A. lebbeck* exhibió una degradabilidad de la MS a tiempo cero (a) y potencial de degradación (a+b) superior, *A. lebbeck* y *P. saman* presentaron una mayor fracción potencialmente degradable (b); mientras que el follaje de las especies de *Cassia* mostró una menor degradabilidad ruminal del nitrógeno.

En tanto, no se observaron diferencias significativas en la velocidad de desaparición de los follajes y la biomasa de *P. dulce* presentó la mayor digestibilidad posruminal de la PB.

Los elevados porcentajes del parámetro **a** quizás, se encuentren relacionados con la considerable proporción de nutrimentos solubles y la aceptable fracción fibrosa de la biomasa, aspecto señalado por Pinto *et al.* (2002) al evaluar un numeroso grupo de árboles en el sudeste de México.

La mayor porción potencialmente degradable (b) de *A. lebbeck* y *P. dulce*, con relación al resto de las arbóreas, quizás esté relacionado con la poca cantidad y actividad biológica de los polifenoles y los relativamente bajos niveles de Sap.

No obstante, los porcentajes del parámetro **b**, son inferiores a los estimados por Estévez *et al.* (2004) en especies no leguminosas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de Cuba.

Por otra parte, el potencial de degradación de todos los forrajes es adecuado y se encuentra en el rango de otras especies que contienen polifenoles en su biomasa, tales como *Leucaena*, *Acacia* y *Ficus* (Pinto *et al.*, 2002).

Con relación a la degradación de la fracción proteica, los resultados también coinciden, de manera general, con los informados en la biomasa de *P. dulce*, *Genipa americana* y *Erythrina goldmanii* y en el fruto de *Leucaena leucocephala* y *Acacia milleriana*, especies con apreciables niveles de taninos y de amplia distribución en los sistemas silvopastoriles contemporáneos (Pinto *et al.*, 2002).

Considerando la digestibilidad del nitrógeno no degradado en el rumen, *P. dulce* presentó un mayor porcentaje con relación al resto de las especies. La menor proporción de nitrógeno digerido en las partes bajas del tracto gastrointestinal en *P. saman*, coincide con lo obtenido por Pedraza *et al.* (2003) en condiciones similares de experimentación.

La variabilidad en cuanto a la proporción de nitrógeno digestible en el resto de las leguminosas arbóreas, es similar a la informada por Kaitho *et al.* (1997) en algunos suplementos fibrosos de África y quizás se encuentra relacionada con la proporción de polifenoles presentes en la biomasa, ya que las especies de *Cassia* presentaron el menor aporte al intestino.

Aunque los mejores resultados se obtuvieron con *A. lebbeck* y *P. dulce*, en cuanto a su degradabilidad ruminal y digestibilidad intestinal del nitrógeno, el resto de las especies presentaron un aceptable valor nutritivo y pueden utilizarse satisfactoriamente, consideran-

## CALIDAD Y VALOR NUTRITIVO DE ÁRBOLES FORRAJEROS TROPICALES

do sus particularidades, como suplementos en los sistemas de alimentación animal en condiciones tropicales.

### CONCLUSIONES

El follaje de *A. caribaea*, *A. lebbeck*, *C. fistula*, *C. grandis*, *P. dulce* y *P. saman* presenta buena calidad bromatológica y se destacan, fundamentalmente, por sus elevados contenidos de proteínas y baja fracción fibrosa. No obstante, *C. fistula* y *C. grandis* se caracterizan por pre-

sentar apreciables concentraciones de compuestos tánicos con actividad biológica y *A. caribaea* y *P. saman* exhiben considerables contenidos de saponinas. En sentido general, la biomasa de *A. lebbeck* y *P. dulce* presentan mayor factibilidad nutricional; ya que contienen bajas concentraciones de metabolitos secundarios con potencialidades tóxicas y muestran mayor valor nutritivo en términos de su degradabilidad y digestibilidad pos-ruminal. No obstante, todas constituyen buenas alternativas para la alimentación de los rumiantes.

### BIBLIOGRAFÍA

- Aerts, R.J., T.N. Barry and W.C. Mc Nabb. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 75: 1-12.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D. C., USA. 500 p.
- Aregheore, E.M., H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. Feed value of some browse plants from Central Zone of Delta State Nigeria. *Trop. Sci.*, 38: 97-102.
- Calsamiglia, S. and M.D. Etern. 1995. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *J. Anim. Sci.*, 73: 1459-1564.
- Colectivo de autores. 2000. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Pastos y Forrajes*, 23: 105-122.
- Estévez, O.V., R.M. Pedraza, R.V. Guevara y C.E. Parra. 2004. Composición química y degradabilidad ruminal del follaje de tres variedades de *Polyscias guilfoylei* en la época de seca. *Pastos y Forrajes*. 27: 177-181.
- García, D.E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis presentada en opción al título de Master en Pastos y Forrajes, EEPF "Indio Hatuey", Cuba. 97 p.
- Godoy, S., C. Chicco, F. Meschy and F. Requena. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. *Interciencia*, 30: 24-28.
- Hess, H.D., M. Kreuzer, T.E. Díaz, C.E. Lascano, D.E. Carulla, C. Soliva and 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 and T. Nakajima. 1976. Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica*, 29: 116-119.
- Kaitho, R.J., N.N. Umunna, I.V. Nsahlai, S. Tamminga and J. Van Bruchem. 1997. Utilization of browse supplements with varying tannin levels by Ethiopian Menz sheep. I. Intake, digestibility and live weight changes. *Agroforest. Syst.*, 39: 145-149.
- Lamers, J., A. Buerkert, H.P.S. Makkar, M.V. Oppen and K. Becker. 1996. Biomass

*Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 212, p. 383.*

GARCÍA, MEDINA, HUMBRÍA, DOMÍNGUEZ, BALDIZÁN, COVA Y SOCA

- production, feed economic value of fodder weeds as by-products of millet. *Exp. Agric.*, 32: 317-326.
- Larbi, A., J.W. Smith, A.M. Raji, I.O. Kurdi, I.O. Adekunle and 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. and R. González. 2000. Metodología para la evaluación de alimentos de consumo animal. La Habana, Cuba. 93 p.
- Makkar, H.P.S. and 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 and 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. 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 and 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 and B. Singh. 1988. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *J. Agric. Food Chem.*, 36: 523-525.
- Mehrez, A.Z. and 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. and 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 and S. Martínez. 2003. Nota técnica: Degradabilidad ruminal efectiva y digestibilidad intestinal *in vitro* del nitrógeno del follaje de leguminosas arbóreas tropicales. *Pastos y Forrajes*, 26: 237-241.
- Pineda, M. 2004. Resúmenes de Fisiología vegetal. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 204 p.
- 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: 171-180.
- Pointillart, A. 1994. Phytates, Phytase: leur importance dans l'alimentation des monogastriques. *Prod. Anim.*, 7: 29-39.
- Porter, L.J., L.N. Hrstich and B.G. Chan. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25: 223-230.
- Sotelo, A, M. Soto and 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.
- Van Soest, P.J., J. Robertson and B. Lewis. 1991. Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.

Recibido: 19-1-06. Aceptado: 20-7-06.

Archivos de zootecnia vol. 55, núm. 212, p. 384.