

## Contenido antinutricional de la biomasa comestible en especies forrajeras del género *Albizia*

Danny E. García<sup>1\*</sup> y María G. Medina<sup>2</sup>

### RESUMEN

En la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" de Cuba se llevó a cabo una investigación con un diseño totalmente aleatorizado y cinco réplicas por especie para determinar el perfil antinutricional de especies del género *Albizia* (*A. berteriana*, *A. caribaea*, *A. cubana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lebbeck*, *A. lucida*, *A. procera*, *A. saman*, *A. semana* y *A. odoratissima*). Mediante el tamizaje fitoquímico se investigó la presencia de quince grupos de metabolitos secundarios de los cuales se detectaron, en todas las especies, los fenoles (FT), flavonoides (Flav), taninos que precipitan las proteínas (TPP), taninos condensados (TC), esteroides (Est) y terpenoides (Terp), saponinas (Sap), compuestos amargos (Amg), alcaloides (Alc) y fitohemoaglutininas (FHg) con presencia cuantiosa, notable o leve. Los niveles de FT en las especies no presentaron fluctuaciones apreciables, a excepción de *A. falcata* (5,75% MS). Las concentraciones de TPP fueron diferenciadas entre las especies y el contenido máximo lo presentó *A. cubana* (4,42% MS). Los TC oscilaron entre 2,39 y 6,57% MS y las mayores concentraciones correspondieron a *A. berteriana*, *A. cubana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lucida* y *A. odoratissima*. Las cantidades de Alc no presentaron diferencias entre plantas y los valores oscilaron entre 0,14 y 0,61% MS. La mayor abundancia de Sap se observó en *A. procera*, *A. caribaea*, *A. saman* y *A. odoratissima*, mientras que los valores máximos de nitratos se encontraron en *A. falcata*, *A. berteriana*, *A. cubana* y *A. lebbeck*. Se concluye que las especies *A. berteriana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lucida*, *A. odoratissima*, *A. procera*, *A. caribaea*, *A. cubana* y *A. saman* contienen niveles considerables de polifenoles y/o Sap que pudieran traer consigo problemas digestivos en

<sup>1</sup> Laboratorio de Evaluación de Alimentos, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Central España Republicana, Perico, Matanzas, Cuba. CP 44 280. \*Correo electrónico: danny.garcia@indio.atenas.inf.cu

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, estado Trujillo, Venezuela.

latitud Norte y 81° 2' de longitud Oeste, a 19 msnm, en el municipio de Perico, Provincia de Matanzas, Cuba, donde todas las especies se encontraban en estado vegetativo.

El suelo donde se llevó a cabo la investigación presentó topografía plana y se clasifica como suelo ferralítico rojo lixiviado, según Hernández (1999).

### Recolección y preparación de muestras

Las muestras de biomasa comestible (hojas y tallos tiernos de 160 días de edad), provenientes de cinco plantas por especie, fueron colectadas en el mes de marzo (período poco lluvioso) de 2004 a partir de una plantación de *Albizia* manejada con cortes periódicos a 1 m sobre el nivel del suelo. La totalidad del material se llevó de forma inmediata al Laboratorio de Evaluación de Alimentos y fueron secadas a temperatura ambiente, en un local ventilado y oscuro por espacio de 12 días. Posteriormente fueron molidas hasta un tamaño de partícula de 1 mm y se almacenaron en frascos ámbar hasta el momento del análisis.

### Tamizaje fitoquímico

Se utilizó el procedimiento descrito por García (2003). En esencia, el extracto crudo fue fraccionado mediante la utilización de mezclas de solventes selectivos (cloroformo, éter de petróleo, HCl (1%), cloroformo:etanol (3:2), cloroformo saturado con sulfato de sodio anhidro, H<sub>2</sub>O) para la obtención de seis fracciones análogas, a las cuales se le aplicaron las pruebas cualitativas para la detección de cada grupo de compuestos.

Se investigó la presencia de fenoles (FT), flavonoides (Flav), cumarinas, quinonas, taninos que precipitan proteína (TPP), taninos condensados (TC), grupos alfa-aminos, cardiotónicos, esteroides (Est), terpenos (Terp), saponinas (Sap), mucilagos, compuestos amargos (Amg) y alcaloides (Alc). La detección de fitohemoaglutininas (FHg) se realizó por la metodología descrita por Mázquiz (1986), utilizando suero fisiológico (0,9% p/v de NaCl en agua), tampón de fosfato (PBS Dudelco pH 7,3 esterilizado en autoclave), solución de Alsever y glóbulos rojos de conejo.

Para la descripción de los ensayos se utilizó el sistema no paramétrico de cruces para especificar la presencia o ausencia de los

metabolitos en los tratamientos. En todos los análisis se siguieron los criterios de presencia cuantiosa +++, presencia notable ++, presencia leve +.

La estimación cualitativa de los contenidos de Sap se realizó sobre la escala establecida por Galindo *et al.* (1989).

Las lecturas correspondientes a los métodos colorimétricos fueron realizadas en un espectrofotómetro U/V Ultrospec-2000 de doble haz, con cubetas de cuarzo. La cuantificación de FT se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 2003), los TPP con el empleo de la Albúmina de suero bovino (Makkar *et al.*, 1988), los TC basados en el ensayo de nButanol/HCl/Fe<sup>3+</sup> (Porter *et al.*, 1986), los Alc mediante titulación ácida (Sotelo *et al.*, 1996), las Sap por la metodología de Vainillina/H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Hiai *et al.*, 1976) y los NO<sub>3</sub><sup>-</sup> por el método colorimétrico descrito por Lazcano y González (2000). Los porcentajes de taninos con capacidad precipitante (PTCP) se obtuvieron dividiendo los valores de TC entre las concentraciones de TPP.

### Diseño experimental y análisis estadísticos

Se utilizó un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas y la especie fue el único factor que se tuvo en consideración. Para el procesamiento de la información se empleó el paquete estadístico SPSS versión 10.0. A los datos se le realizó ANOVA usando la dócima de comparación de Student-Newman-Keuls y las medias fueron comparadas para P<0,05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis cualitativo

De los 15 grupos de metabolitos secundarios investigados mediante la utilización de las pruebas del tamizaje fitoquímico sólo se detectaron, en diferentes escalas, los FT, Flav, TPP, TC, Est, Terp, Sap, Amg, Alc y FHg (Cuadro 1). Estos son grupos químicos que presentan probada actividad biológica por su acción detrimental en los sistemas digestivo y nervioso, pero que a su vez, en el caso de algunos compuestos, pueden ocasionar efectos beneficiosos a la salud animal en dependencia de su estructura y acción específica (García, 2004a).

Con relación a las agrupaciones químicas que no se detectaron se debe señalar que la ausencia de cumarinas, quinonas, grupos alfa-aminos, mucilagos y cardiotónicos es muy positiva, ya que clásicamente ocasionan trastornos nutricionales, parálisis o aceleración del ritmo cardíaco, desbalance electroquímico en las reacciones de oxidación-reducción de los sistemas enzimáticos, poca palatabilidad, anorexia y botulismo cuando sus concentraciones en la biomasa comestible son apreciables (García, 2004; Baldizán, 2004).

Los resultados sobre la ausencia de aminoácidos no proteicos (prueba de alfa-aminos) difieren de lo informado en investigaciones fitoquímicas realizadas en las semillas de especies de *Albizia* en las cuales se ha descrito la presencia de Albizina (compuesto con características deletéreas). Este comportamiento quizás se debe a que los aminoácidos secundarios en las leguminosas son sintetizados específicamente en los frutos como estrategia de control frente al ataque de insectos, siendo un mecanismo para garantizar la propagación por vía sexual de la especie.

Cuadro 1. Grupos de metabolitos secundarios presentes en la biomasa comestible de especies de *Albizia*

Especie	Grupos de metabolitos									
	F†§	Flav	TPP	TC	Est	Terp	Sap‡	Amg	Alc	FHg
<i>A. berteriana</i>	+++	+	+++	+++	++	+	M	++	+++	+
<i>A. caribaea</i>	++	+	+	+	++	+	A	+++	+++	++
<i>A. cubana</i>	++	++	+++	+++	+	+	B	+	+	++
<i>A. falcata</i>	+++	+	+	+++	++	+	M	++	+	+
<i>A. kalkora</i>	++	+	+	+++	+	+	M	++	++	+
<i>A. lebbeck</i>	++	++	+	+	++	++	B	+++	++	+
<i>A. lucida</i>	++	+	++	+++	+	++	M	++	++	+
<i>A. procera</i>	++	++	+++	++	++	+++	A	+++	++	++
<i>A. saman</i>	++	+	+	+	++	++	A	+	+	++
<i>A. semana</i>	++	++	+	+	++	++	B	++	++	+
<i>A. odoratissima</i>	++	+	++	+++	+	+	A	++	+	++

†+: presencia leve. ++: presencia notable. +++: presencia cuantiosa

‡ A: contenido abundante (>14 mm de espuma). M: contenido moderado (10-14 mm de espuma) contenido bajo (<10 mm de espuma)

§ F: fenoles. Flav: flavonoides. TPP: taninos que precipitan las proteínas. TC: taninos condensados. Est: esteroides. Terp: terpenoides. Sap: saponinas. Amg: principios amargos. Alc: alcaloides. F: fitohemoaglutininas

En el caso particular de los FT, los ensayos individuales se caracterizaron por presentar una coloración negra, la cual es un indicador descriptivo de la amplia diversidad de estructuras hidroxiladas presentes en la

fracción comestible. La presencia de metabolitos fenólicos en plantas de interés agrícola ha sido reportada por muchos autores debido, fundamentalmente, a que los mismos se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, citados particularmente en el caso de *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus*, *Acacia cyanophylla*, *Macroptilium atropurpureum* y *Lablab purpureus* (García *et al.*, 2002).

La prueba cualitativa para la detección de Flav mostró una variabilidad marcada entre especies, resultados que coinciden con los obtenidos en otras plantas mediante rangos de variabilidades en escalas numéricas (García, 2003). Así mismo, detecciones similares se han realizado en *Gliricidia sepium*, *A. lebbeck* y leguminosas rastreras (Martínez *et al.*, 1996).

Las coloraciones que se observaron en el ensayo para la detección de TC variaron de rojizas hasta tonos marrones, indicativo de la presencia de monómeros de tipo proantocianidinas y catequinas. Estas unidades constituyen las estructuras básicas con mayor afinidad por las proteínas; quizás por ello se haya observado una relación positiva con el ensayo para la detección de TPP (Makkar, 2003).

La prueba de Lieberman y Burchard (Galindo *et al.*, 1989), para la detección de isoprenoides describió la presencia de mezclas de esteroides (tonos azules) y triterpenoides poliglicosilados (coloraciones verdes y amarillas). La presencia de beta-Sitosterol y Estigmasterol, metabolitos que producen estas tonalidades, han sido clásicamente relacionada con los procesos de activación del crecimiento vegetal y la biosíntesis de Sap esteroidales (C<sub>27</sub>) y triterpénicas (C<sub>30</sub>) con potencial tóxico (De Marcano y Hasegawa, 1991).

Particularmente, con relación a la presencia de Sap, los ensayos presentaron resultados con gran variabilidad entre las especies, con alturas relativas de la espuma entre 5 y 25 mm, equivalentes a contenidos variables (Galindo *et al.*, 1989). Asimismo, la presencia clásica de Sap en el fruto, la corteza, la raíz y los foliolos de especies del género *Albizia* ha sido reportada en estudios generales de quimiotaonomía comparada (García, 2003).

Por su parte, los Amg se detectaron cuantiosamente sólo en las especies que presentaron elevada cantidad de Sap, Terp y Est, ya que el sabor amargo está estrechamente relacionado con la presencia de estos metabolitos. Dichos resultados, desde el punto de vista integral, avizoran la baja calidad

organoléptica de la biomasa de *Albizia* para la alimentación de animales monogástricos.

La presencia de Alc se investigó mediante el empleo de tres reactivos de grupo y en todas las especies se detectaron sus estructuras, resultados que apoyan la hipótesis de que los compuestos alcaloides se encuentran presentes en la mayoría de las especies arbóreas. Estos metabolitos nitrogenados forman parte de los compuestos secundarios típicos de las dicotiledóneas y, de forma particular, en las leguminosas forrajeras del género *Erythrina* (Sotelo *et al.*, 1995).

Adicionalmente se detectaron FHg, compuestos que si bien no afectan, en todos los casos, la fisiología digestiva de los rumiantes; son uno de los grupos secundarios de mayor acción antinutricional en la alimentación animal (Grecco *et al.*, 2002). En sentido general, esta subfamilia química agrupa a Sap hemolíticas, proteínas globulares y péptidos complejos de naturaleza no inmune (denominados lectinas) que presentan afinidad marcada por determinados carbohidratos presentes en la pared celular de los eritrocitos (glóbulos rojos) (Liener, 1997). En ese sentido la actividad de estos compuestos en *A. lebbek* y *A. procera* ha sido también informada por Duke (1983).

Con relación a los metabolitos detectados, estos fueron comunes en todas las especies del género, lo cual denota el marcado componente genético que presenta el metabolismo secundario en las leguminosas, específicamente las plantas pertenecientes a cada subfamilia botánica. En este sentido algunos autores han establecido que la presencia de FT, Flav, TPP, TC y Est en Mimosoide pueden constituir marcadores cualitativos que se repiten, dentro del grupo taxonómico, de manera independientemente de la especie (Toral, 1998).

#### Análisis cuantitativo

El Cuadro 2 muestra las concentraciones de los metabolitos secundarios cuantificados. Los contenidos de FT no mostraron variaciones apreciables entre las especies, a excepción de *A. falcata* cuya concentración fue de 5,75% MS. Los niveles en el resto de las arbóreas evaluadas oscilaron entre 2,05 y 4,13% MS sin diferencias significativas entre sí ( $P < 0,05$ ). Estos rangos de FT son ligeramente superiores a los informados en leguminosas tales como *Centrosema* sp., *Arachi pinto*, *Cratylia argentea* y *Erythrina* sp. (Valerio, 1994); pero coinciden con los contenidos de las plantas arbóreas y arbustivas de climas templados (Makkar, 2003).

No obstante, el conjunto de resultados recopilados por diferentes investigaciones en la cuantificación de FT por métodos comunes de análisis químico en las leguminosas denotan variaciones numéricas ocasionadas, entre otros factores, por los disímiles procedimientos analíticos (Folin-Dennis, Folin-Ciocalteu, Yb(OAc)<sub>3</sub>, PVPP), los diferentes estados de madurez de la biomasa y las ubicaciones geográficas en que se han desarrollado las plantas evaluadas. Motivos por los cuales, en muchas ocasiones, se hace imposible realizar comparaciones numéricas precisas entre especies con características similares.

Al compararlas con otras fuentes tropicales, los resultados sitúan a las especies evaluadas como plantas cuyos contenidos de FT son similares a los niveles cuantificados en las principales leguminosas arbóreas empleadas para la producción animal en el Caribe (García, 2003). No obstante, sus concentraciones son inferiores a la exhibida por algunas de las especies de los géneros *Acacia* y *Calliandra*, las que presentan niveles de FT superiores a 8 y 6% MS, respectivamente (Ahn *et al.*, 1997; Abdulrazak *et al.*, 2000).

En el caso particular de *A. lebbek* los valores de FT encontrados coinciden, en buena medida, con los obtenidos en otras condiciones de temperatura ambiental y tipo de suelo (Pinto *et al.*, 2002).

Cuadro 2. Niveles de metabolitos secundarios en la biomasa comestible de especies de *Albizia*

Especie	Metabolitos (%BS)						
	FT†§	TPP	TC	PTCP	Alc	Sap	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
<i>A. berteriana</i>	4,13b	3,32b	6,43a	51,63c	0,54	2,09bc	1,23ab
<i>A. caribaea</i>	2,41b	0,68e	2,73b	24,91e	0,47	3,53a	0,10b
<i>A. cubana</i>	2,89b	4,42a	6,07a	72,82b	0,24	1,54c	1,10ab
<i>A. falcata</i>	5,75a	2,61bc	6,57a	39,73d	0,38	2,12bc	1,53a
<i>A. kalkora</i>	3,06b	2,03c	6,00a	33,83d	0,46	2,24b	0,23b
<i>A. lebbek</i>	2,05b	0,55e	2,45b	22,45e	0,61	1,48c	1,13ab
<i>A. lucida</i>	3,26b	2,72bc	5,43a	50,09c	0,42	2,11bc	0,20b
<i>A. procera</i>	2,64b	3,00bc	2,48b	120,97a	0,43	3,71a	0,70b
<i>A. saman</i>	2,33b	0,70e	2,43b	28,81e	0,14	3,80a	0,80b
<i>A. semani</i>	2,68b	0,93e	2,39b	38,91d	0,32	1,53c	1,20ab
<i>A. odoratissima</i>	3,84b	1,71d	6,32a	27,06e	0,35	3,89a	0,13b
Ec	0,31*	0,23*	0,35*	10*	0,30	0,15*	0,10*

† Letras diferentes en una misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ).

§ FT: polifenoles totales, TPP: taninos que precipitan las proteínas, TC: taninos condensados, PTCP: proporción de TC con propiedades precipitantes, Alc: alcaloides, Sap: saponinas NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitratos

Los TPP oscilaron entre 0,68 y 4,42% MS con una variabilidad marcada entre las especies. *A. cubana* mostró el mayor valor, el cual a su vez difirió sustancialmente con el contenido encontrado en *A. berteriana*. Un tercer grupo, estadísticamente homogéneo en cuanto a este indicador, lo conformaron las especies *A. procera*, *A. lucida*, *A. falcata* y *A. kalkora* seguido por *A. odoratissima* y por último la agrupación integrada por *A. saman*, *A. caribaea* y *A. lebbeck*, especies con los menores contenidos de esos metabolitos.

La gran diferencia interespecífica entre los valores se debe a que los taninos de las especies analizadas, evidentemente presentan características físico-químicas diferentes que los hacen tener características singulares en cuanto a la precipitación de proteínas. Este factor está relacionado directamente con los grados de polimerización de las cadenas de Flav que forman su estructura primaria, los tipos de monómeros presentes (catequinas, cianidinas, delfinidinas), el tipo de tanino específico, su disposición espacial; así como las posibles fuerzas hidrofóbicas y los puentes de hidrógenos que se crean en la interacción polifenol-proteína (Mueller-Harvey, 2001).

Desde el punto de vista nutricional, este indicador tiene gran importancia, ya que a medida que las concentraciones de los taninos con estas características sean mayores, aumenta la posibilidad de formación de proteína sobrepasante (by pass) en el rumen; lo cual se traduce en una mayor respuesta animal siempre que los contenidos de polifenoles se mantengan entre 2 y 4% MS; límite establecido en rumiantes en el cual no afectan el buen funcionamiento ruminal (Makkar, 2003).

Los TC se encontraron en un rango de 2,39 a 6,57% MS valores que coinciden, de manera general, con las cantidades informadas en la fracción comestible de algunas leguminosas típicas. Las especies *A. berteriana*, *A. cubana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lucida* y *A. odoratissima* exhibieron las concentraciones más elevadas, mientras que *A. caribaea*, *A. lebbeck*, *A. procera*, *A. semani* y *A. saman* presentaron niveles inferiores a 2,80% MS. Las concentraciones de TC en las especies, cuyos niveles fueron superiores al 4,0% MS, se encuentran en el límite crítico, en el cual los polifenoles condensados producen efectos beneficiosos en la alimentación de los rumiantes (Aerts *et al.*, 1999). Sin embargo, en todos los casos, los contenidos de TC cuantificados en esta investigación se encuentran por encima de las dosis de inclusión permisibles para la alimentación de los animales monogástricos (Mueller-Harvey y Mc Allan, 1992).

La PTCP, como indicador relativo de astringencia, también mostró diferencias sustanciales entre especies. *A. procera* presentó una relación significativamente superior al resto de las plantas (120,97%), lo que indica que todos los TC presentes precipitan proteínas y que además, otros compuestos de polaridades semejantes a los taninos también lo hacen. Esta singular relación de astringencia quizás sea una de las causas de la baja aceptabilidad y ganancia de bovinos jóvenes alimentados en sistemas silvopastoriles con este árbol (Simón, 1999).

En la especie *A. cubana* el 72,82% de los TC tienen capacidad precipitante, relación que a su vez difirió estadísticamente con el porcentaje encontrado en *A. lucida* (50,09%). El resto de las especies estudiadas mostraron relaciones inferiores al 40%, por lo que estos resultados nos permiten considerar que, a los 160 días de rebrote, los TC presentes en *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. caribaea*, *A. saman*, *A. odoratissima* y *A. lebbeck* presentan baja capacidad de precipitar unidades proteicas; quizás por tener una mayor glicosidación en los grupos hidroxilos (-OH) y/o un peso molecular superior que imposibilita la interacción específica del tanino con las macromoléculas proteicas (Mueller-Harvey, 2001).

Por otra parte, los niveles de Alc encontrados son bajos si se comparan con los hallados en otras leguminosas en cuantificaciones realizadas por el mismo método de análisis (Sotelo *et al.*, 1995). Asimismo, los compuestos alcaloidales no mostraron diferencias significativas entre las especies y los valores fluctuaron entre 0,14 y 0,61% MS, concentraciones que no deben afectar, según algunos resultados de actividad biológica, el consumo de estas plantas por las especies poligástricas (García, 2003).

Las concentraciones de Sap mostraron diferencias marcadas entre las especies (1,48-3,89% MS). En este sentido, *A. procera*, *A. caribaea*, *A. saman* y *A. odoratissima* presentaron gran abundancia de estos metabolitos. Estas concentraciones se consideran elevadas si se comparan con las encontradas en las semillas de algunas leguminosas forrajeras del género *Vicia* e inferiores a las reportadas en la harina de la soya (Makkar, 2003). Por su parte *A. kalkora* presentó un contenido moderado y *A. cubana*, *A. falcata*, *A. lebbeck*, *A. berteriana*, *A. lucida* y *A. semani* exhibieron niveles relativamente bajos. Teniendo en cuenta que las Sap, en sentido general, son compuestos inhibidores del consumo, presentan propiedades espumantes, defaunantes y constituyen fuertes interferencias en la absorción intestinal; las especies de mayores concentraciones deben ser manejadas con cuidado en los sistemas de alimentación donde sean contempladas para evitar trastornos en el metabolismo digestivo de los animales. No obstante, se necesitan realizar

mediciones de otros indicadores que describan sus propiedades biológicas tales como la actividad hemolítica específica y el patrón de aglutinación para poder determinar su efecto directo en la fisiología digestiva.

Las concentraciones de  $\text{NO}_3^-$  fueron inferiores al 1,53% MS, contenido que por experiencias prácticas con otras fuentes de alimento, no ha demostrado ser tóxico para los poligástricos debido a los procesos de detoxificación microbiano y su reducción a  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NH}_3$ . En cambio, los animales con estómago simple pueden verse severamente afectados con niveles superiores al 1,3% MS (Lezcano y González, 2000).

### Consideraciones finales

En sentido global, los grupos de metabolitos secundarios que presentaron la mayor variabilidad entre las especies fueron los componentes de la fracción polifenólica (TPP, TC, PTCP) y las Sap, ambos relacionados negativamente con el consumo voluntario y la aceptabilidad de los forrajes (García, 2004b). Considerando estas características, las concentraciones de los factores anticualitativos constituyen criterios de vital importancia para que las especies sean agrupadas según sus características distintivas dentro del género.

Teniendo en cuenta las concentraciones de los metabolitos secundarios de mayor relevancia, las especies del género *Albizia* evaluadas pueden ser divididas en tres agrupaciones con particularidades notables. En ese sentido, las especies *A. berteriana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lucida*, *A. odoratissima* y *A. procera* contienen los mayores niveles de polifenoles y Sap. *A. caribaea*, *A. cubana* y *A. saman* presentan contenidos contrastantes de ambos grupos de compuestos y *A. lebeck* y *A. semani* son las plantas que presentan las menores concentraciones de polifenoles, taninos y Sap.

Asumiendo que más del 50% de las especies evaluadas presentaron concentraciones elevadas de factores potencialmente antinutricionales, estos metabolitos quizás constituyan mecanismos de defensas de las plantas contra los animales herbívoros y los patógenos foliares o también pudieran estar relacionados con funciones específicas en las rutas biosintéticas del metabolismo secundario.

Por otra parte, los resultados obtenidos, con respecto a los niveles de taninos y Sap, están relacionadas con pruebas de aceptabilidad realizadas con bovinos en desarrollo en las mismas condiciones experimentales de esta investigación (Toral y Simón, 2001), lo que sugiere que estos bioactivos

químicos constituyen agentes disuasivos del consumo voluntario cuando sus concentraciones sobrepasan el umbral de aceptabilidad en los rumiantes.

En estas evaluaciones, *A. lebeck* especie con los menores niveles de tóxicos, fue ampliamente ramoneada en todo el período experimental, mientras que los dos grupos de plantas restantes (con características similares en cuanto a las concentraciones de taninos y Sap) fueron poco consumidas por los animales en pastoreo libre.

Esta investigación, sin dudas, ayuda a la comprensión de la interacción planta-animal en las modalidades de los sistemas silvopastoriles que incorporen especies del género *Albizia* y a su vez, aporta información imprescindible a la caracterización fitoquímica para establecer manejos adecuados en los sistemas de alimentación basados en estas leguminosas arbóreas.

### CONCLUSIONES

- La biomasa comestible de las especies *A. berteriana*, *A. caribaea*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lebeck*, *A. lucida*, *A. procera*, *A. saman*, *A. semani* y *A. odoratissima* contiene FT, Flav, TPP, TC, Est, Terp, Sap, Amg, Alc y FHg.
- Las especies *A. berteriana*, *A. falcata*, *A. kalkora*, *A. lucida*, *A. odoratissima*, *A. procera*, *A. caribaea*, *A. cubana* y *A. saman* presentan niveles de polifenoles y Sap que pueden afectar su palatabilidad, así como su aprovechamiento digestivo
- Entre las especies estudiadas *A. lebeck* y *A. semani* constituyen las mejores fuentes de alimento debido a sus bajos contenidos de metabolitos secundarios en la fracción comestible.

### RECOMENDACIONES

Profundizar en investigaciones de fisiología digestiva para dilucidar los mecanismos de acción de los taninos y las Sap presentes en las especies de *Albizia*, además de realizar estudios de conservación del follaje en forma de harinas y ensilajes para atenuar la problemática relacionada con la presencia de estos compuestos.

## BIBLIOGRAFÍA

- 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.
- 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.
- Aerts R.J., T.N. Barry y W.C. McNabb. 1999. Polyphenols and agriculture: beneficial effect of proanthocyanidins in forages. *Agric. Ecosys. Environ.*, 75:1-12.
- Baldizán A. 2004. Producción de biomasa y nutrimentos de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los Llanos Centrales de Venezuela. Tesis de grado. Doctorado en Ciencias Agrícolas. Comisión de Estudios de Postgrado. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 288 pp.
- De Marcano D. y M. Hasegawa. 1991. Fitoquímica Orgánica. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Venezuela 451 pp.
- Duke J. A. 1983. Handbook of Energy Crops. *Albizia procera* Disponible en: [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke\\_energy/Albizia\\_procera.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/Albizia_procera.html) (Consultada el 2 -05- 2005).
- Francisco A. 2003. Efecto de diferentes frecuencias de defoliación en la producción de biomasa de *Albizia lebbek* I. Hojas y tallos tiernos. *Pastos y Forrajes*, 26:125-128.
- Galindo W., M. Rosales, E. Murgueitio y J. Larrahondo. 1989. Sustancias antinutricionales en las hojas de árboles forrajeros. *Livestock Res. Rural Develop.*, 1(1): <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd1/1/mauricio.htm>
- García D.E. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). Tesis de Maestría, Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Cuba. 97 pp.

- García D.E., F. Ojeda y G. Pérez. 2002. Comportamiento fitoquímico de cuatro variedades de *Morus alba* en suelo ferralítico rojo con fertilización. Memorias V Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical" y II Reunión Regional de Morera. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.
- García D.E. 2004a. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27:101-116.
- García D.E. 2004b. Los metabolitos secundarios de las especies vegetales. *Pastos y Forrajes*, 27:1-12.
- Grecco F.B., A.F. Dantas, F. Riet-Correas, C.G. Leite y J.B. Raposo. 2002. Cattle intoxication from *Enterolobium contortisiliquum* pods. *Vet. Hum. Toxicol.*, 44:160-164.
- Hernández A. 1999. Clasificación genérica de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 64 p.
- Hiai S., H. Oura y T. Nakajima. 1976. Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica*, 29:116-121.
- Lezcano S.Q. y R. González. 2000. Metodología para la evaluación de alimentos de consumo animal. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 93p.
- Liener I.E. 1997. Plant lectins. Properties, nutritional significance and function. *En* ACH (Ed) *Antinutrients and Phytochemicals in Food*. American Chemical Society, USA. p. 31
- Makkar H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic, Netherlands. 102p.
- 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.
- Mázquiz M. 1986. Factores antinutricionales y tóxicos que afectan la utilización de las semillas de *Lupinus hispanicus* (Boiss of Reut)

para su uso alimentario. Tesis de grado. Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad Complutense, Madrid. España 330 pp.

- Martínez S.J., Y. Hernández y R. Guevara. 1996. Determinación cuantitativa de algunos factores antinutritivos en cinco leguminosas tropicales. Resúmenes Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 121 pp.
- Matías C. 1999. Efecto de la frecuencia de poda y el marco de siembra en la producción y calidad de la semilla de *Albizia lebbek*. Pastos y Forrajes, 22:245-252.
- Mueller-Harvey I. y A.B. Mc Allan. 1992. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. En Mueller-Harvey I. (Ed.) Advances in plant cell biochemistry and biotechnology. Morrison, Londres. pp. 151-159.
- Mueller-Harvey I. 2001. Analysis of hydrolysable tannins. Anim. Feed Sci. Technol., 91:3-16.
- Pinto R., I. Ramírez, J.C. Kú-Vera y L. Ortega. 2002. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. Pastos y Forrajes, 25:171-179.
- Porter L.J., I.N. Hrstich y B.G. Chang. 1986. The conversión of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. Phytochem., 25:223-227.
- Simón L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. En Simón L. (Ed.). Los árboles en la Ganadería. Tomo I. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 9p.
- Simón L. 1999. Comportamiento del piñón florido (*Gliricidia sepium*) comparado con el algarrobo de olor (*Albizia procera*) en dos sistemas silvopastoriles. Pastos y Forrajes, 22: 365-369.
- 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, 47:115-121.

- 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: 2340-2346.
- Toral O. 1998. Familiarización del germoplasma arbóreo forrajero existente. En Simón L (Ed.). Diplomado en Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 500p.
- Toral O. y Simón L. 2001. Aceptabilidad relativa de especies arbóreas forrajeras de los géneros *Leucaena* y *Albizia*. Pastos y Forrajes, 24:209-216.
- Valerio S. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. Agroforestería en las América, 1(3): 10-13.