

Evaluación química de especies no leguminosas con potencial forrajero en el estado Trujillo, Venezuela

Danny E. García^{1*}, María G. Medina², Carlos Domínguez³, Alfredo Baldizán³, Johny Humbría¹ y Luis Cova¹

RESUMEN

Se evaluó la composición fitoquímica de seis especies no leguminosas (*Azadirachta indica*, *Cnidocolus aconitifolius*, *Ficus carica*, *Moringa oleifera*, *Morus alba* y *Trichantera gigantea*) en el estado Trujillo de Venezuela mediante un diseño totalmente aleatorizado y cinco réplicas. Los contenidos de proteína cruda en todas las plantas fueron elevados y la morera presentó un nivel significativamente superior al resto (21,4%). *A. indica* sobresalió debido a su fracción fibrosa (48,9%) y *T. gigantea* exhibió las cantidades más elevadas de nitrógeno no proteico (3,5%). Los niveles de P, Ca y Mg no presentaron variaciones importantes entre las arbóreas y las máximas concentraciones de K y Na se observaron en *M. oleifera* y *T. gigantea* (2,65 0,24 y 2,55 0,26%, respectivamente). Estas especies, de forma individual, también presentaron los mayores contenidos de carbohidratos solubles (24,1%) y ceniza (25,8%). Se detectó, indistintamente, la presencia de fenoles, flavonoides, cumarinas, taninos que precipitan proteínas (TPP), taninos condensados (TC), esteroides, terpenos, saponinas, mucílagos, compuestos amargos, cianógenos y alcaloides. Los fenoles; así como los flavonoides, terpenos y esteroides fueron los grupos químicos de mayor distribución. *A. indica* presentó la máxima cantidad de polifenoles totales (4,21%). *A. indica*, *F. carica* y *M. oleifera* exhibieron cantidades similares de TPP (0,79-0,90%) y TC (1,56-1,77%). *A. indica* y *M. alba* sobresalieron por sus concentraciones de alcaloides. Las especies evaluadas presentaron una

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.

³ Universidad "Rómulo Gallegos", Área Agronomía, San Juan de Los Morros, estado Guárico. Venezuela.

aceptable composición proximal, poca presencia de metabolitos secundarios protóxicos y bajas concentraciones de posibles factores antinutricionales. Estas especies constituyen buenas alternativas como alimento suplementario en los sistemas de producción en el trópico.

Palabras clave: composición química, factores antinutricionales, metabolitos secundarios y especies no leguminosas.

Chemical evaluation of non leguminous species with fodder potential in Trujillo state, Venezuela

SUMMARY

The phytochemical compositions of six non leguminous species (*Azadirachta indica*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Ficus carica*, *Moringa oleifera*, *Morus alba*, and *Trichantera gigantea*) were evaluated in Trujillo state, Venezuela, using a totally randomized design and five replicates. The crude protein contents were acceptable and mulberry showed a significantly superior level (21.4%). *A. indica* stood out due to its fibrous fraction (48.9%) and *T. gigantea* exhibited the highest quantities of non-protein nitrogen (3.5%). P, Ca and Mg levels did not show important variations and the maximum concentrations of K and Na were observed in *M. oleifera* and *T. gigantea* (2.65, 0.24 and 2.55 0.26%, respectively). These species, in individual form, also presented the highest contents of soluble carbohydrates (24.1%) and ash (25.8%). Phenols, flavonoids, coumarins, tannins precipitants of proteins (TPP), condensed tannins (CT), steroids, terpens, saponins, slimes, bitter compounds (B. compounds), cyanogens and alkaloids were detected. Phenols, flavonoides, terpens, and steroids showed a wide distribution. *A. indica* showed the maximum quantity of total polyphenols (4.21%). *A. indica*, *F. carica*, and *M. oleifera* exhibited similar quantities of TPP (0.79-0.90%) and CT (1.56-1.77%). *A. indica* y *M. alba* showed the highest alkaloids concentrations. The evaluated species presented an acceptable proximal composition, low presence of protoxic secondary metabolites and low concentrations of possible antinutritional factors. These species constitute a good alternative as supplementary feed in the production systems in the tropic.

Keywords: phytochemical composition, antinutritional factors, secondary metabolites, non leguminous species.

INTRODUCCIÓN

Recientemente ha surgido un creciente interés en la búsqueda de recursos alimenticios que puedan sustituir parcialmente el uso de concentrados costosos y agroecológicamente distanciados de la realidad ambiental que permitan proveer, de una manera eficiente y económicamente viable, energía, proteína y minerales a los animales herbívoros.

Al respecto, las plantas arbóreas y arbustivas tienen un papel preponderante por su elevado valor nutritivo y naturaleza multipropósito. En este sentido existen muchas especies con buenas propiedades forrajeras, entre las cuales se destacan las leguminosas por excelencia (Simón, 1998). No obstante, existen otras leñosas perennes con gran potencial que no han sido empleadas de manera extensiva y su uso ha estado limitado a sistemas de alimentación específicos y aislados.

Dentro de ese numeroso grupo se pueden citar al Nacedero o Naranjillo (*Trichantera gigantea*), la Moringa (*Moringa oleifera*), el árbol del Nim (*Azadirachta indica*), las especies de *Ficus* y *Tethonia*, la Morera (*Morus alba*), el Chicasquil, Chaya o Lechosa de jardín (*Cnidioscolus* sp.) y el Guácimo (*Guazuma ulmifolia*), principalmente por su gran versatilidad, rápido crecimiento y recuperación después del corte, además de presentar considerables producciones de biomasa en el período seco.

Debido a la importancia en el estudio de estas especies para la ganadería tropical se precisa conocer, de manera integrada, los principales indicadores de su composición bromatológica, así como la presencia de posibles compuestos tóxicos y los niveles de metabolitos secundarios presentes en su biomasa.

El presente trabajo tuvo como propósito fundamental la evaluación de la composición fitoquímica de seis especies no leguminosas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de muestreo

La recolección del material vegetal se realizó en el área forrajera del Módulo de Producción Caprino en la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel", perteneciente a la Universidad de

los Andes, en el municipio Pampán, estado Trujillo, Venezuela. La localidad presenta una precipitación promedio anual de 1.200 mm, temperatura media de 28°C y condiciones de bosque seco tropical.

Recolección y preparación de muestras

La fracción comestible de hojas y tallos finos (160 días de edad) de las seis especies evaluadas (*A. indica*, *Cnidocolus aconitifolius*, *Ficus carica*, *M. oleifera*, *M. alba* y *T. gigantea*) fueron colectadas en el mes de febrero del 2005. La totalidad del material se llevó de forma inmediata al laboratorio y fueron secadas a temperatura ambiente, en un local ventilado y oscuro por espacio de doce días. Posteriormente fueron molinadas utilizando una criba de 1 mm y se almacenaron en frascos herméticos hasta la realización del análisis proximal y de metabolitos secundarios.

Mediciones analíticas

Bromatología

A cada muestra se le determinó el contenido de proteína cruda (PC), P, K, Na, Ca, Mg y ceniza según las metodologías propuestas por la AOAC (1990). La fibra detergente neutro (FDN) se determinó mediante el protocolo experimental descrito por Van Soest *et al.* (1991) y los carbohidratos solubles (CHS) y el nitrógeno no proteico (NNP) siguiendo las indicaciones señaladas por Lezcano y González (2000).

Tamizaje fitoquímico

Se evaluó la presencia de fenoles, flavonoides, cumarinas, quinonas, taninos que precipitan proteína (TPP), taninos condensados (TC), grupos alfa-aminos, cardiotónicos, esteroides, terpenos, saponinas, mucílagos, compuestos amargos (C. amargos), cianógenos y alcaloides.

La detección se realizó básicamente según los ensayos cualitativos individuales para cada grupo químico (De Marcano y Hasegawa, 1991) y la metodología clásica de fraccionamiento por polaridad de solvente (Galindo *et al.*, 1989).

Cuantificación de metabolitos secundarios

La cuantificación de polifenoles totales (FT) se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, empleando ácido fosfomolibdico como complejo desarrollador de color (Makkar, 2003). Los TPP se determinaron por el ensayo de la albúmina de suero bovino (Makkar *et al.* 1988) y los TC mediante el método de nButanol/HCl/Fe³⁺ y la utilización de acetona (70%) (Porter *et al.*, 1986). La determinación de los alcaloides se basó en la titulación ácida (Sotelo *et al.*, 1996).

Diseño experimental y métodos estadísticos

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0. A los datos se le realizó un ANOVA usando la décima de comparación de Student-Newman-Keuls (SNK) y las medias fueron comparadas al 5% de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN**Análisis proximal**

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis bromatológico en las especies evaluadas. Los valores de PC oscilaron entre 16,79 (*T. gigantea*) y 21,41% (*M. alba*). *A. indica*, *C. aconitifolius*, *F. carica* y *M. oleifera* presentaron niveles proteicos intermedios y similares entre sí.

Cuadro 1. Composición bromatológica de la biomasa comestible de especies no leguminosas.

Especie	PC†	FDN	NNP	P	K	Na	Ca	Mg	Ceniza	CHS
	%									
<i>A. indica</i>	17,28b‡	48,94a	0,33d	0,12	1,36c	0,17b	3,33	2,23	10,13c	15,81b
<i>C. aconitifolius</i>	19,88ab	38,79c	0,10d	0,15	1,63b	0,17b	3,00	1,88	7,65d	13,51c
<i>F. carica</i>	18,98ab	40,57c	0,10d	0,21	1,28c	0,17b	2,86	1,71	9,02d	12,40c
<i>M. oleifera</i>	18,82ab	45,13b	2,60b	0,20	2,65a	0,24a	3,10	1,94	12,18b	24,14a
<i>M. alba</i>	21,41a	40,21c	1,40c	0,12	1,26c	0,10c	2,71	2,21	12,31b	10,67d
<i>T. gigantea</i>	16,79b	44,26b	3,50a	0,14	2,55a	0,26a	3,12	2,26	25,84a	12,22c
Ee	2,63	2,25	0,28	0,09	0,21	0,03	0,83	0,61	2,13	1,50

† PC: proteína cruda. FDN: fibra detergente neutro. NNP: nitrógeno no proteico.

CHS: carbohidratos solubles.

‡ Distintas letras en una columna indican diferencias significativas en las medias (P<0.05). Ee: Error estándar de la media.

En este sentido la cantidad de PC encontrada en las especies es comparable con los niveles clásicos informados en las leguminosas tropicales y en algunos casos superiores a éstas por algunas unidades porcentuales (García, 2003). Teniendo en cuenta los niveles encontrados, algunas especies no leguminosas pueden ser consideradas como alimentos esencialmente proteicos en los suplementos para rumiantes y monogástricos, de igual forma que otras arbóreas clásicamente utilizadas en los sistemas de producción animal tales como *Leucaena*, *Gliricidia* y *Albizia*. Asimismo, los niveles de PC de *F. carica*, *M. alba* y *T. gigantea* coinciden con los reportados en varios ecotipos adaptados a las condiciones de Centroamérica y el Caribe (Pinto *et al.*, 2002; Savón *et al.*, 2005).

Por su parte, la FDN fue máxima en *A. indica* (48,94%), intermedia en *M. oleifera* y *T. gigantea*, y significativamente inferiores en las especies de la familia *Moraceae* (*Ficus* y *Morera*). Adicionalmente los niveles encontrados, teniendo en cuenta la edad de la biomasa, son similares a los informados por otros autores en especies del bosque seco tropical de los llanos Venezolanos utilizadas, de manera empírica, como alimento para vacunos (Baldizán, 2004).

Los contenidos de NNP también presentaron variaciones importantes entre las especies; *A. indica*, *C. aconitifolius* y *F. carica* exhibieron las menores concentraciones. Por su parte *M. alba* y *M. oleifera*, presentaron valores intermedios y diferenciados entre sí y en *T. gigantea* se observó los mayores índices nitrogenados no derivados de proteínas (3,50%). Los elevados valores de NNP en *T. gigantea* se encuentran estrechamente relacionados con la singularidad que presentan las especies pertenecientes a la familia *Acanthaceae* de almacenar considerables concentraciones de sales nitrogenadas inorgánicas en su región aérea (Savón *et al.*, 2005).

Los valores de P, Ca y Mg no presentaron diferencias significativas ($P < 0,05$) y los rangos oscilaron entre 0,12-0,21 2,71-3,33 y 1,71-2,25%, respectivamente. Estos niveles de minerales coinciden con los observados en la mayoría de las plantas arbóreas y arbustivas del trópico, aunque dichas concentraciones no cubren los requerimientos de los rumiantes a pastoreo (Colectivo de autores, 2000).

Con relación a los elementos K y Na, *M. oleifera* y *T. gigantea* presentaron las concentraciones máximas y *M. alba* el nivel más bajos de Na; el resto de las especies exhibieron cantidades intermedias y diferenciadas entre sí ($P < 0,05$).

En cuanto al contenido de ceniza, *T. gigantea* mostró el mayor aporte; *A. indica*, *M. oleifera* y *M. alba* valores intermedios y *C. aconitifolius* y *F. carica* las menores cantidades. No obstante, todas las concentraciones son similares, y en algunos casos superiores, a los informados en las especies forrajeras más comunes en América Central y el Caribe (González y Cáceres, 2002).

Por otra parte, las especies presentaron contenidos de CHS muy diferenciados que oscilaron entre 12,22% en *T. gigantea* y 24,14% en *M. oleifera*. La elevada variabilidad interespecífica en este indicador energético quizás se deba a la diferenciada capacidad fotosintetizadora de las especies, relacionado con el elemento K (máximo en *M. oleifera*) el cual es mediador del metabolismo y el transporte de los carbohidratos primarios en las plantas (Pineda, 2004).

Detección de metabolitos secundarios

De los quince grupos de metabolitos secundarios investigados mediante la utilización de las pruebas cualitativas del tamizaje fitoquímico solo se detectaron en diferentes escalas los fenoles, flavonoides, cumarinas, TPP, TC, esteroides, terpenos, saponinas, mucílagos, C. amargos y alcaloides (Cuadro 2). Estos grupos químicos presentan probada actividad biológica por su posible acción antinutricional en el sistema digestivo de los herbívoros, pero que a su vez pueden ocasionar efectos beneficiosos en dependencia del tipo de compuesto y su concentración en la biomasa (Ramos *et al.*, 1998).

Cuadro 2. Grupos de compuestos secundarios presentes en la biomasa comestible de especies no leguminosas

Grupos de metabolitos	Especie					
	<i>A. indica</i> ‡	<i>C. aconitifolius</i>	<i>F. carica</i>	<i>M. oleifera</i>	<i>M. alba</i>	<i>T. gigantea</i>
Fenoles	+++	+	++	++	+	+
Flavonoides	+	+	+	+	+	+
Cumarinas	+	-	+	-	+	-
TPP†	+	-	+	+	-	-
TC	+	-	+	+	-	-
Esteroides	++	+	++	+	+++	++
Terpenoides	+++	+	+	+	+	+
Saponinas	B	-	-	M	M	B
Mucílagos	-	-	+++	-	++	-
Compuestos amargos	+++	+	+	+	-	-
Cianógenos	-	+	-	-	-	-
Alcaloides	++	+	+	+	++	+

‡ - ausencia; + presencia leve; ++ presencia moderada; +++ presencia cuantiosa.

B Contenido bajo; M Contenido moderado.

† TPP: taninos que precipitan proteína; TC: taninos condensados.

La ausencia de grupos alfa-aminos, cardiotónicos y las quinonas es muy positiva, ya que tradicionalmente ocasionan trastornos nutricionales cuando sus niveles son elevados, debido a que los mecanismos de detoxificación no pueden eliminar los metabolitos derivados de estos tóxicos naturales (De Marcano y Hasegawa, 1991).

En este sentido los fenoles, flavonoides, esteroides, terpenos y alcaloides estuvieron presentes en la biomasa de todas las plantas evaluadas, mientras que el resto de los metabolitos que fueron detectados solo presentaron una distribución limitada en dependencia de la especie, quizás por presentar funciones muy específicas en las plantas en estudio (García, 2004). La presencia de fenoles y esteroides en todas las especies fue abundante, mientras que los demás metabolitos presentes mostraron una marcada variabilidad en los ensayos cualitativos.

Las especies *A. indica*, *M. oleifera* y *F. carica* agruparon la mayor cantidad de metabolitos, mientras que *C. aconitifolius*, *M. alba* y *T. gigantea* tuvieron menor diversidad de estructuras secundarias. Al respecto, es conocido que la poca diversidad de compuestos secundarios en la biomasa comestible de las especies forrajeras constituye, en principio, un buen indicador de palatabilidad (Simón, 1998).

En el caso particular de los fenoles, los ensayos individuales se caracterizaron por presentar coloraciones intensas, lo cual denota la amplia diversidad de estructuras hidroxiladas (García *et al.*, 2003). Aunque estos metabolitos no siempre constituyen factores antinutricionales, la presencia de fenoles en plantas de interés agrícola ha sido reportada por muchos autores en pruebas de metabolismo y nutrición. Debido fundamentalmente a que se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal formando parte de todas las plantas vasculares como en el caso de *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus*, *Acacia cyanophylla*, *Macroptilium atropurpureum* y *Lablab purpureus* (Makkar y Becker, 1998; Ben Salem *et al.*, 1999).

El ensayo cualitativo de flavonoides no mostró una variabilidad marcada entre las especies, resultados que no coinciden con los obtenidos en la comparación de otras plantas mediante rangos de variabilidades en escalas numéricas (Mengcheng *et al.*, 1996). Así mismo detecciones similares se han realizado en *Gliricidia sepium*, *Albizia lebbek* y leguminosas rastreras en los cuales estos compuestos no han causado toxicidad en rumiantes (Martínez *et al.*, 1996).

Por otra parte las cumarinas solo fueron detectadas en *A. indica* y las especies de *Ficus* y *Morera*, con un grado de presencia bajo, resultados que difieren específicamente con los obtenidos en las variedades del género *Morus* (Cubana, Indonesia, Tigreada y Acorazonada) de mayor producción de biomasa en Cuba (García *et al.*, 2003). En este sentido, las cumarinas también han sido detectadas en especies de familias templadas tales como Umbelíferas y Rutáceas y no se conocen efectos beneficiosos en la alimentación de los rumiantes y monogástricos (Berenbaum, 1991).

El análisis cualitativo en la detección de triterpenos y esteroides reveló una relativa similitud cualitativa entre las especies. Los esteroides fueron detectados de manera abundante y el ensayo aplicado se caracterizó por una coloración azul verdosa intensa, lo que evidencia la presencia de varios esteroides en el tejido vegetal.

La presencia de beta-Sitosterol y Estigmasterol, metabolitos que producen estas tonalidades, han sido clásicamente relacionados con los procesos de activación del crecimiento vegetal y el metabolismo de las hormonas reguladoras en casi la totalidad de las especies vegetales (Valdés y Balbín, 2000). Por tales motivos estas estructuras químicas no deben causar efectos negativos en los animales aún encontrándose en concentraciones importantes; a excepción de los isoprenoides detectados en *A. indica* ya que quizás, según las pruebas cualitativas, posiblemente tengan estructuras diferentes al resto.

La presencia de alcaloides se determinó mediante el empleo de tres reactivos de grupo (Wagner, Hager, Dragendorf) y en todas las especies se detectó su presencia, resultados que apoyan lo planteado en varias investigaciones con relación a que los compuestos alcaloidales se encuentran en la mayoría de los organismos vegetales. Estas estructuras nitrogenadas están diseminadas en las plantas dicotiledóneas, y de forma particular en las leguminosas forrajeras del género *Erythrina* en las cuales le confieren propiedades deletéreas (Sotelo *et al.*, 1995).

Con relación a la presencia de saponinas se observó gran variabilidad entre las especies, con alturas relativas de la espuma entre 5 y 15 mm, equivalentes a contenidos variables de estos metabolitos (Galindo *et al.*, 1989). No obstante, la prueba no resultó concluyente para poder aseverar su presencia específica, ya que el principio del método cualitativo consiste en la disminución de la tensión superficial del medio, por lo que otros compuestos con propiedades estructurales similares en las plantas evaluadas (mucílagos y glucósidos) pudieron crear falsos positivos al respecto.

En cuanto a la presencia de mucílagos (mezclas de compuestos complejos) estuvieron presentes solo de manera cuantiosa en las especies de Ficus y Morera, plantas que por excelencia contiene látex y/o gomas. Teniendo en cuenta estos resultados, se debe señalar que ninguna investigación ha informado que, compuestos de esa naturaleza, constituyan factores anticualitativos a excepción de los que presentan propiedades cáusticas e irritantes, los cuales se encuentran ausentes en estos géneros (García, 2003).

Por su parte, los compuestos amargos se detectaron cuantiosamente (tres cruces) solo en la biomasa comestible de *A. indica*. Este resultado afecta desde el punto de vista integral, la calidad de su biomasa para la alimentación de animales monogástricos debido a la elevada presencia de terpenoides de elevado peso molecular que afectan la palatabilidad de la especie (de Marcano y Hasegawa, 1991).

Cuantificación de compuestos antinutricionales potenciales

Teniendo en cuenta la concentración de FT (Cuadro 3), *A. indica* mostró un nivel significativamente superior ($P < 0,05$) al resto de las especies (4,21%), lo que a su vez corrobora los resultados del análisis cualitativo. En este sentido, el nivel de fenoles en el Árbol del Nim supera los reportados en *M. alba*, *Inga* sp., *Difiza* sp., *Albizia falcataria*, *Arachi pinto* y *G. ulmifolia*, entre otras forrajeras importantes (Valerio, 1994; García y Ojeda, 2004).

Cuadro 3. Niveles de compuestos secundarios en la biomasa comestible de especies no leguminosas

Especie	FT†	TPP	TC	Alcaloides
	----- % -----			
<i>A. indica</i>	4,21a‡	0,80	1,64	0,12a
<i>C. aconitifolius</i>	1,81c	n.d	n.d	0,05b
<i>F. carica</i>	3,51b	0,79	1,77	0,06b
<i>M. oleifera</i>	3,52b	0,90	1,56	0,07b
<i>M. alba</i>	1,50c	n.d	n.d	0,10a
<i>T. gigantean</i>	1,48c	n.d	n.d	0,07b
EE	0,67*	0,18	0,23	0,03*

† FT: polifenoles totales, como equivalente de ácido tánico (Merck). TPP: taninos que precipitan proteína, como equivalente de leucocianidina (Merck). TC: taninos condensados.

‡ Distintas letras en una columna indican diferencias significativas en las medias ($P < 0,05$). EE: Error estándar de la media. n.d: señal analítica no detectada en el análisis cuantitativo.

Por su parte *F. carica* (3,51%) y *M. oleifera* (3,52%) presentaron niveles intermedios y sin diferencias estadísticas entre sí, que a su vez coinciden con las concentraciones informadas en algunas de las leguminosas de mayor distribución subtropical, tales como *Acacia nilotica*, *Vicia sativa* y *Quercus incana* (Makkar, 2003). Finalmente, las especies que en su conjunto presentaron menor diversidad de metabolitos secundarios (*C. aconitifolius*, *M. alba* y *T. gigantea*) también exhibieron baja fracción de compuestos fenólicos. No obstante, las concentraciones de *M. alba* y *T. gigantea* son superiores a las reportadas en otras condiciones de temperatura y suelo (Datta, 2002).

De forma global, los contenidos totales de fenoles no superan los límites críticos en los cuales ocasionan daños al buen funcionamiento digestivo de los rumiantes y que ha sido señalado en investigaciones recientes (Makkar, 2003).

Con relación a las concentraciones de TPP y TC, no se observaron diferencias significativas entre las especies que presentaron estos metabolitos (*A. indica*, *F. carica* y *M. oleifera*), y los valores oscilaron entre 0,79-0,90 y 1,56-1,77%, respectivamente. A manera de comparación, basado en la utilización de los mismos métodos analíticos estandarizados para plantas forrajeras, las concentraciones máximas de TPP y TC son inferiores a los niveles en los cuales la cantidad de compuestos simples derivados del flavonol-3,4-diol pueden causar trastornos fisiológicos en los rumiantes. No obstante, se requiere profundizar en la determinación de la actividad biológica de los principales tipos de metabolitos polifenólicos para establecer criterios determinantes en estas tres especies.

En cuanto al contenido de alcaloides, *A. indica* y *M. alba* presentaron los mayores niveles; sin embargo las concentraciones obtenidas son inferiores a las informadas en algunas leguminosas tropicales, las cuales son ávidamente consumidas por la fauna silvestre, el ganado ovino, caprino y bovino (Sotelo *et al.*, 1996; García, 2003). Por tales motivos no deben afectar el consumo voluntario ni repercutir negativamente en la salud animal. La elevada variabilidad estructural de los alcaloides; así como las disímiles propiedades biológicas de estos metabolitos, son factores que se deben estudiar en estas especies para dilucidar su verdadero efecto en la nutrición de los rumiantes.

CONCLUSIONES

Las especies *A. indica*, *C. aconitifolius*, *F. carica*, *M. oleifera*, *M. alba* y *T. gigantea* constituyen una importante fuente de forraje, dado sus considerables valores de PC, minerales, poca presencia de compuestos protóxicos y relativamente bajas concentraciones de posibles factores antinutritivos. Sin embargo, el follaje de *A. indica*, dada sus características fitoquímicas, debe ser utilizado para la alimentación de los rumiantes, en los cuales es más factible su uso.

RECOMENDACIONES

Realizar un uso más intensivo de estas fuentes de alimento y diseñar pruebas de metabolismo en las cuales se determine su potencial de alimentación. No obstante, se requiere profundizar en las características de los principales tipos de metabolitos polifenólicos para establecer criterios determinantes en las especies que los contienen. También se deben realizar evaluaciones de manejo agronómico con la finalidad de determinar la adaptación y productividad de cada especie.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA.
- 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 Doctorado en Ciencias Agrícolas, Universidad Central de Venezuela. Maracay, Venezuela. 288 pp.
- Ben Salem H., A. Nefzaoui, L. Ben Salem y J.L. Tisserand. 1999. Intake digestibility, urinary excretion of purine derivatives and growth by sheep given fresh, air-dried or polyethylene glycol-treated foliage of *Acacia cyanophylla* Lindl. Anim. Feed Sci. Technol., 98: 297-311.
- Berenbaum M. 1991. Coumarins. En Rosenthal I. y M. Berenbaum (Eds) Herbivores: Their Interaction with Secondary Plant Metabolites. Interamericana, Canberra. pp. 221-249.

- Colectivo de autores. 2000. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Pastos y Forrajes*, 23(2): 105-122.
- Datta R. 2002. Mulberry cultivation and utilization in India. *En* FAO. *Mulberry for Animal Production*. Animal Production and Health Paper No. 147. FAO, pp. 45-62.
- De Marcano D y M. Hasegawa. 1991. *Fitoquímica Orgánica*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Venezuela 451 pp.
- 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. EEPF "Indio Hatuey", Cuba. 97 pp.
- García D.E. 2004. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, 27(2): 101-116.
- García D. E. y F. Ojeda. 2004. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). II Polifenoles totales. *Pastos y Forrajes*, 27(1): 59-64.
- García D.E., F. Ojeda e I. Montejo. 2003. Evaluación de los principales factores que influyen en la composición fitoquímica de *Morus alba* (Linn.). I Análisis cualitativo de metabolitos secundarios. *Pastos y Forrajes*, 26(4): 335-346.
- González E. y O. Cáceres. 2002. Valor nutritivo de árboles, arbustos y otras plantas forrajeras para los rumiantes. *Pastos y Forrajes*, 25(1): 15-20.
- Lezcano S.Q. y R. González. 2000. *Metodología para la evaluación de alimentos de consumo animal*. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 93 pp.

- Makkar H.P.S. 2003. Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage. A Laboratory Manual. Kluwer Academic, Netherlands. 102 pp.
- 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 Sys.*, 40(1): 59-68.
- 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.
- Martínez S.J., Y. Hernández y R. Guevara. 1996. Determinación cuantitativa de algunos factores antinutritivos en cinco leguminosas tropicales. Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 121 pp.
- Mengcheng T., J. Zhishen y Z. Xiangrui. 1996. Study on flavonoid content in mulberry leaves. *J. Zhejiang Agric. Univ.*, 22(4): 394-398.
- Pineda M. 2004. Resúmenes de fisiología vegetal. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 204 pp.
- 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(3): 171-179.
- Porter I. ., I.N. Hrstich y B.G. Chan. 1986. The conversión of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochem.*, 25: 223-227.
- Ramos G., P. Frutos, F.J. Giráldez y A.R. Mantecón. 1998. Los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.*, 47(180): 597-620.
- Savón L., O. Gutiérrez e I. Scull. 2005. Harinas de follajes tropicales: una alternativa potencial para la alimentación de especies monogástricas. VI Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

- 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 pp. 9-14
- 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.
- Valdés R. y M.I. Balbín. 2000. Curso de fisiología y bioquímica vegetal. Universidad Nacional de Ciencias Agrarias de la Habana, La Habana, Cuba. pp. 89-73.
- Valerio S. 1994. Contenido de taninos y digestibilidad *in vitro* de algunos forrajes tropicales. *Agroforestería en las Américas*, 1(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.