

CARACTERIZACIÓN DE DIEZ CULTIVARES FORRAJEROS DE *Leucaena leucocephala* BASADA EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y LA DEGRADABILIDAD RUMINAL

CHEMICAL COMPOSITION AND RUMINAL DEGRADABILITY OF TEN FODDER CULTIVARS OF *Leucaena leucocephala*

Danny García M,^{1*} M.Sc, Hilda Wencomo G,² Ing, Miriam Gonzáles C,³ Ph.D, María Medina R,⁴ M.Sc, Luis Cova O,³ Ph D.

¹Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (FUNDACITE). Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela. ²Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. ³Universidad de los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo, Estado Trujillo, Venezuela. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Pampanito, Estado Trujillo, Venezuela. *Correspondencia: dagamar8@hotmail.com

Recibido: Febrero 8 de 2008; Aceptado: Julio 18 de 2008

RESUMEN

Objetivo. Estudiar las variaciones en la composición química y la degradabilidad ruminal de diez cultivares de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. mediante el análisis de componentes principales (ACP). **Materiales y métodos.** Se tomaron muestras durante tres años para evaluar la composición química, los niveles de metabolitos secundarios y la degradabilidad ruminal en ovinos. Los datos fueron analizados con el paquete estadístico SPSS y mediante el diagrama tridimensional se obtuvieron las agrupaciones de las accesiones en dependencia de sus características nutritivas. **Resultados.** Con los primeros tres componentes del ACP se explicó el 85.83 % de la variabilidad. La concentración de proteínas, fracción fibrosa, minerales, polifenoles, fitatos y la degradación ruminal presentaron las mayores fluctuaciones. Las agrupaciones formadas permitieron identificar seis grupos con características químicas diferentes (G1: elevada cantidad de proteínas, baja proporción de fibra y de metabolitos secundarios y elevada degradación -cv. CNIA-250 y cv. K-28-; G-2: elevado contenido de materia seca, proteínas y fenoles, poca fracción de fibra y taninos y baja degradabilidad ruminal -cv. Ipil-Ipil-; G-3: composición nutricional promedio -cv. México-; G-4: bajo contenido de materia seca, fenoles, mimosina y elevada degradación ruminal -cv. Cunningham, cv. 7 y cv. América-; G-5: elevado contenido de materia seca, fenoles y valor nutritivo medio -cv. K-8 y cv. K-67-; G-6: elevado porcentaje de materia seca y taninos, y baja degradabilidad -cv. Perú-). **Conclusiones.** La biomasa comestible de los cultivares Cunningham, América, 7, México, CNIA-250 y K-28 constituyen las mejores opciones para la alimentación de rumiantes.

Palabras clave: Leguminosas, *leucaena*, rumen, ovinos, forrajeras

ABSTRACT

Objective. The chemical composition and ruminal degradability of ten cultivars of *Leucaena leucocephala* Lam de Wit were examined using principal components analysis (PCA). **Materials and methods.** Chemical composition, secondary metabolite level and ruminal degradability in sheep were evaluated over three years. Using SPSS statistical software, groups of accession of the nutritive characteristics were obtained with a three-dimensional diagram. **Results.** A high variability for the first three components was detected (85.83%). Protein, fiber fraction, minerals and phenols, phytates and ruminal degradability showed the biggest fluctuations. Six groups with distinctive characteristics were identified, including G1: high protein quantity, low fiber proportion and secondary metabolites and high degradation -cv. CNIA-250 and cv. K-28-; G-2: High dry matter, proteins and phenols content, low fiber proportion and tannins and low ruminal degradability -cv. Ipil-Ipil-; G-3: standard chemical composition -cv. México-; G-4: low dry matter, phenols and mimosine content and high ruminal degradability -cv. Cunningham, cv. 7 and cv. América-; G-5: high contenido f dry matter, phenols and medium nutritive value -cv. K-8 y cv. K-67-; G-6: high dry matter and tannin percentage, and low nutritive value (cv. Perú). **Conclusions.** The edible biomass of *L. leucocephala* cultivars Cunningham, América, 7, México, CNIA-250 and K-28 constitutes the best options for animal feeding.

Key words: Leguminous, leucaena, ruminant, sheep, fodder

INTRODUCCIÓN

El género *Leucaena* está formado aproximadamente por 50 especies forrajeras con amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales (5). Esta agrupación se considera genéticamente muy compleja por los frecuentes cruzamientos, razón por la cual los esfuerzos se han concentrado en la producción de híbridos interespecíficos con amplio margen de adaptación y buena producción de forraje. Muchas de estas especies son endémicas de México y aunque las más representativas son *Leucaena diversifolia* (Schlecht) Benth., *Leucaena macrophylla* Benth., *Leucaena esculenta* (Moc & Sessé), *Leucaena lanceolata* Watson y *Leucaena collinssi* Britton & Rose; *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit es la más utilizada en América como árbol de pastoreo-ramoneo para mejorar la producción de rumiantes en condiciones semiextensivas (1).

Se conocen más de 800 ecotipos de *Leucaena*, los cuales han sido clasificados, de manera general, en tres agrupaciones. El tipo "común" incluye variedades con porte

arbóreo-arbustivo que suelen crecer hasta 5 m, destacándose los cultivares más conocido comercialmente para sistemas silvopastoriles (Cunningham, CNIA-250) por sus numerosas ramificaciones y arquitectura de la copa (2). Por su parte, las de tipo Perú incluye variedades de porte "mediano" que se clasifican como árboles que crecen hasta 10 m de altura, rebrota intensamente y producen elevadas cantidades de biomasa con cortes periódicos (3). El último grupo, menos estudiado hasta el presente, está integrado por las variedades de tipo "gigante" que incluyen las de porte alto capaces de crecer hasta 20 m, con fuste más erecto que el resto y ramificación irregular. Un número considerable de estos cultivares, denominados Salvador o gigantes Hawaianos (K-5, K-8, K-28, K-29, K-62, K-67, K-636), se conocen por presentar un gran potencial forrajero y estar adaptados a áreas erosionadas y suelos ácidos (4).

En los últimos 50 años, *L. leucocephala* ha sido estudiada profundamente en diversas condiciones edafoclimáticas, generándose

tecnologías viables para su manejo desde la siembra en vivero hasta su explotación con animales (1). En la actualidad, son muy numerosas las investigaciones que la describen como árbol multipropósito en muchas partes del mundo (2). Sin embargo, y aunque es un consenso generalizado, que el follaje de la especie presenta una buena composición química en términos de proteína bruta (PB) y de minerales (1), se ha observado una elevada variabilidad en los indicadores de calidad de todos los cultivares estudiados, asociada a las características de cultivo; así como a la interacción de estas con el medio circundante (5,6).

El objetivo del estudio fue determinar el rango de variación en la composición química, el contenido de principios antinutritivos (fenoles, taninos, mimosina y fitatos) y la degradabilidad ruminal de la biomasa comestible de diez cultivares de *L. leucocephala* (Cunningham, Ipil-Ipil, K-8, K-28, K-67, Perú, CNIA-250, 7, América y México).

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio, ubicación del área de muestreo. El ensayo se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" (EPPFIH), situada en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba. Las coordenadas geográficas del lugar son 20° 50' de latitud Norte y 79° 32' de longitud Oeste, con una altitud de 19.9 m.s.n.m.

Condiciones geoclimáticas. En el área experimental el clima se caracteriza por presentar dos períodos anuales bien definidos; uno lluvioso (mayo-octubre) en el que se registran entre el 70-80% de las precipitaciones (960 mm aproximadamente) y otro seco de noviembre a abril (240 mm), para una precipitación promedio anual de 1200 mm. La temperatura promedio anual es de 23.1°C, con una humedad relativa entre 60-70% durante el día y del 80-90% por la noche (Tabla 1).

Características del suelo. El experimento se llevó a cabo sobre un suelo de topografía plana con una pendiente de 0.5 a 1.0% y

Tabla 1. Condiciones climatológicas prevalientes durante el período experimental.

Estadígrafo	Año		
	2000	2001	2002
Precipitación acumulada (mm)	1054.5	1664.5	1293.2
Temperatura media (°C)	23.67	23.6	21.6
Humedad relativa (%)	81.6	81.4	81.18
Evaporación (mm)	5.3	5.07	5.09

Datos tomados de la Estación Meteorológica "Indio Hatuey", Perico, Matanzas.

clasificado como ferralítico rojo lixiviado, del tipo húmico nodular ferruginoso hidratado, de rápida desecación, arcilloso y profundo (7). Este tipo de suelo es equivalente al grupo de los ferrosoles. La profundidad promedio hasta la caliza es de 150 cm y la fertilidad natural se considera buena.

El pH varía de ligeramente ácido a neutro, con un contenido entre bajo a medio de materia orgánica y de mediana a alta concentración de nitrógeno total (7).

Siembra y establecimiento de los cultivares. Los cultivares de *Leucaena* fueron plantados en julio de 1996 y ocupaban un área experimental de 0.75 ha; las plantas se sembraron a una distancia de 6 m entre surcos y 3 m entre plantas, respectivamente; en 5 parcelas simples distribuidas al azar con cuatro plantas por parcela. En el área no se realizaron aplicaciones de riego ni fertilizantes.

Cultivares evaluados. Se evaluaron diez cultivares pertenecientes al banco de germoplasma de la EPPFIH. Estas fueron: *L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. CNIA-250, *L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil, *L. leucocephala* cv. Perú, *L. leucocephala* cv. K-8, *L. leucocephala* cv. K-28, *L. leucocephala* cv. K-67, *L. leucocephala* cv. 7, *L. leucocephala* cv. México y *L. leucocephala* cv. América.

Período de evaluación. Se evaluó la calidad de la biomasa por un período entre 2000 y

2003 en las dos épocas representativas de Cuba (periodo lluvioso y poco lluvioso). Los muestreos por época se realizaron siempre en los mismos meses.

Recolección y preparación de muestras.

Las muestras de biomasa comestible de 90 días de edad (hojas y tallos tiernos con diámetros inferiores a 5 mm) fueron recolectadas seis veces durante el periodo evaluado en el total de las parcelas. El material vegetal de cada planta se procesó de forma independiente, cada muestra de follaje constituyó una réplica. El material se llevó de forma inmediata al laboratorio donde se secó durante cinco días a temperatura ambiente en ausencia de luz para evitar la degradación de los metabolitos polifenólicos. Posteriormente, se trituró a través de una criba con orificios de 2 mm de diámetro y se almacenó en frascos de vidrio herméticos hasta el momento del análisis.

Mediciones realizadas. La determinación de todas las variables se realizaron por triplicado, los contenidos de materia seca (MS), PB, proteína verdadera (PV), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), fibra cruda (FC), lignina detergente ácido (LDA), celulosa, calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K) y cenizas totales; se realizó mediante las metodologías clásicas para analizar alimentos (8).

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se llevó a cabo mediante la reducción del ácido fosfomolibdico en medio alcalino (9), los taninos precipitantes (TPP) con el uso de albúmina de suero bovino (10) y la de los taninos condensados (TC) utilizando el ensayo del nbutanol/HCl/Fe³⁺ con lectura en el espectro visible (11). Para la extracción y determinación del fósforo fítico (P. fítico) se empleó el protocolo original con hierro (12). Los contenidos de mimosina se cuantificaron en el material fresco según la técnica tradicional (13).

Para estimar la degradabilidad *in situ* se consideró el tiempo de incubación de 48 horas evaluando cinco muestras de cada cultivar. El ensayo de degradabilidad se llevó a cabo en periodos continuos de once días (siete de adaptación y cuatro de

mediciones para cada caso). Las pruebas se realizaron en el siguiente orden: *L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil, *L. leucocephala* cv. K-8, *L. leucocephala* cv. K-28, *L. leucocephala* cv. K-67, *L. leucocephala* cv. Perú, *L. leucocephala* cv. CNIA-250, *L. leucocephala* cv. 7, *L. leucocephala* cv. América y *L. leucocephala* cv. México.

Las determinaciones de la MS (secado en estufa a 105°C durante 24 horas), PB (método Kjeldahl) y FDN (tratamiento con detergente neutro) de los residuos de las bolsas incubadas se realizaron siguiendo las indicaciones experimentales estándar (8). La degradabilidad de cada fracción se estimó mediante el procedimiento de incubación de bolsas de nylon en rumen (14), empleando dos bolsas (tamaño aproximado de poros: 50 micras) por cada muestra, replicado en tres animales diferentes, para un total de 6 bolsas por muestra y treinta incubaciones por cultivar.

Aproximadamente 3 g por bolsa de forraje fueron incubados en el rumen de tres ovinos criollos (39.2±4.23 kg de peso vivo) con cánula permanente en el rumen, los cuales ante de la incubación de cada cultivar, fueron adaptados a consumir el forraje de los árboles por una semana, como suplemento de una dieta basal formada por heno (*Cynodon nlemfluensis*) *ad libitum*, concentrado comercial (170 g/animal/día) y agua a voluntad.

Diseño experimental y métodos estadísticos. Se empleó un diseño aleatorizado con cinco repeticiones donde los cultivares representan los tratamientos. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® (15). Para llevar a cabo el análisis de componentes principales (ACP) se utilizó la opción "Data Reduction" empleando la matriz de covarianza para la obtención de las relaciones entre las variables. La agrupación de los cultivares estudiados, en dependencia de sus características, se realizó usando el diagrama tridimensional a partir de las coordenadas obtenidas en cada caso (16).

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra los resultados del ACP para las variables cuantificadas. La varianza total acumulada fue elevada (85.83 %).

Tabla 2. Resultados del ACP y relación entre variables nutricionales de diez cultivares de *L. leucocephala*.

Variable	Componente		
	1	2	3
Materia seca	0.24	0.92	-0.23
Proteína bruta	-0.60	0.65	-0.18
Proteína verdadera	-0.71	0.47	0.44
Fibra detergente neutro	0.89	0.24	-0.26
Fibra detergente ácido	0.93	-0.24	0.13
Fibra cruda	0.94	-0.13	0.22
Lignina detergente ácido	0.94	-0.11	0.22
Celulosa	0.90	-0.34	0.24
Calcio	0.75	0.88	0.17
Fósforo	0.81	0.28	-0.04
Potasio	-0.02	0.14	0.98
Cenizas totales	0.52	0.01	0.39
Polifenoles totales	0.29	0.74	0.15
Taninos precipitantes	0.62	0.11	-0.65
Taninos condensados	0.46	0.49	-0.64
P. fítico	0.78	-0.29	0.17
Mimosina	-0.22	0.90	0.02
DMS	-0.23	-0.95	0.15
DPB	-0.23	-0.93	-0.28
DFDN	0.07	-0.88	-0.35
Valor propio (λ)	8.1	6.3	2.76
Varianza (%)	40.52	31.5	13.81
Varianza acumulada (%)	42.89	72.02	85.83

ACP: análisis de componentes principales, DMS: degradabilidad de la materia seca, DPB: degradabilidad de la proteína bruta, DFDN: degradabilidad de la fibra detergente neutro. Valores en negritas muestra coeficientes significativos

El primer componente (CP1) explicó el 40.52% de la variabilidad total y los indicadores con mayor representación fueron los niveles de PB y PV, los componentes de la pared celular (FDN, FDA, FC, LDA, celulosa), Ca, P y cenizas totales. Asimismo, de los metabolitos secundarios cuantificados los TPP y los fitatos constituyeron los de mayor relevancia

para la diferenciación de los cultivares.

Con respecto a la interrelación entre las variables, la fracción nitrogenada (PB y PV) y la fibrosa se relacionaron negativamente. Los niveles de Ca, P, cenizas totales, taninos precipitantes y los fitatos se relacionaron de forma negativa con el contenido de nitrógeno y positivamente con los compuestos estructurales.

El segundo componente (CP 2) explicó el 31.50% de la varianza total y las variables con mayor relación en este eje fueron el porcentaje de MS y Ca, las concentraciones de FT y mimosina y la degradabilidad a las 48 horas de la MS, PB y FDN. Los niveles de MS, Ca, polifenoles y mimosina se relacionaron negativamente con la degradabilidad ruminal de las fracciones nutritivas.

El tercer componente (CP 3) explicó el 13.81% de la variabilidad y en su formación intervinieron el contenido de K y los niveles de taninos (TPP y TC).

Teniendo en cuenta los resultados del ACP, en la figura 1 se muestra la agrupación de los cultivares en función de las características nutricionales.

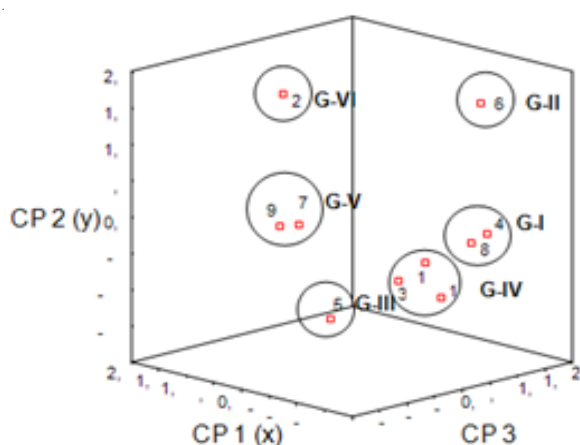


Figura 1. Distribución de los cultivares de *L. leucocephala* según sus características en un sistema tridimensional (CP 1; CP 2; CP3).

¹*L. leucocephala* cv. CNIA-250, *L. leucocephala* cv.K-28, ²*L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil, ³*L. leucocephala* cv. México, ⁴*L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. 7, *L. leucocephala* cv. América, ⁵*L. leucocephala* cv.K-8, *L. leucocephala* cv.K-67, ⁶*L. leucocephala* cv. Perú.

Los cultivares se dividieron en seis grupos con perfiles diferenciados entre sí. El grupo I (G I) estuvo integrado por *L. leucocephala* cv. CNIA-250 y *L. leucocephala* cv. K-28. Estas se distinguieron del resto por presentar concentraciones sobresalientes de proteínas (PB y PV), poco contenido de FDN, FDA y LDA, de todos los metabolitos secundarios y aceptable DMS, DPB y DFDN.

El grupo II (G II), integrado solamente por *L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil, se caracterizó por exhibir elevados niveles de MS, PB, FT y mimosina, baja concentración de carbohidratos estructurales y taninos y escasa degradabilidad (cv. Ipil-Ipil).

L. leucocephala cv. México formó el grupo III (G III) y de todos los cultivares evaluados fue la que presentó la composición química más equilibrada, considerando el rango de fluctuación de las variables medidas.

El grupo IV (G IV) lo conformaron *L. leucocephala* cv. Cunningham, *L.*

leucocephala cv. 7 y *L. leucocephala* cv. América. Estos cultivares se caracterizaron por su bajo contenido taninos y mimosina y por su elevada degradabilidad ruminal; los cuales constituyen algunos de los aspectos favorable para su uso intensivo en sistemas de alimentación animal.

L. leucocephala cv. K-8 y *L. leucocephala* cv. K-67, integrantes del grupo V (G V), se destacaron por los elevados contenidos de MS y polifenoles y una degradabilidad intermedia, respecto a la del resto de los cultivares.

El último grupo (grupo VI), integrado por *L. leucocephala* cv. Perú, presentó elevados porcentajes de MS, taninos y baja degradabilidad de la MS, PB y FDN.

La tabla 3 muestra la media grupal de las principales características químicas y de degradación de los diferentes cultivares estudiados.

Tabla 3. Media grupal de las variables nutricionales en el follaje de cultivares de *L. leucocephala*

Variable (%)	Grupo					
	I ¹	II ²	III ³	IV ⁴	V ⁵	VI ⁶
Materia seca	22.78	27.15	23.5	20.43	25.48	28.95
Proteína bruta	30.32	33.07	24.25	15.33	22.82	26.31
Proteína verdadera	23.19	25.93	17.11	18.20	15.69	19.17
FDN	44.02	43.07	44.78	46.39	44.87	46.25
FDA	15.14	14.19	15.91	17.52	16.00	18.60
Fibra cruda	16.82	15.84	17.59	19.20	17.68	20.28
LDA	8.41	7.46	9.18	10.79	9.27	11.97
Celulosa	9.08	8.13	9.85	11.46	9.94	11.32
Calcio	1.73	1.93	1.94	1.94	1.84	3.09
Fósforo	0.18	0.19	0.18	0.22	0.24	0.24
Potasio	2.11	2.28	1.98	2.36	1.97	2.18
Cenizas totales	6.99	7.63	8.2	7.86	6.93	8.26
Polifenoles totales	4.5	4.70	4.15	4.53	4.76	4.87
TPP	2.44	2.08	2.50	2.42	3.52	3.01
TC	3.43	3.00	4.57	3.66	4.65	4.90
P. fitico	0.13	0.13	0.17	0.20	0.17	0.17
Mimosina	2.17	6.95	2.13	2.04	4.42	6.01
DMS	75.36	55.6	78.36	73.36	70.32	49.36
DPB	64.87	45.73	67.37	60.70	56.55	45.73
DFDN	56.19	36.73	58.00	52.09	50.05	45.73

¹(*L. leucocephala* cv. CNIA-250, *L. leucocephala* cv. K-28), ²(*L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil), ³(*L. leucocephala* cv. México), ⁴(*L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. 7, *L. leucocephala* cv. América), ⁵(*L. leucocephala* cv. K-8, *L. leucocephala* cv. K-67), ⁶(*L. leucocephala* cv. Perú) FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente neutro, LDA: Lignina detergente ácido, TPP: taninos precipitantes, TC: taninos condensados, DMS: degradabilidad de la MS, DPB: degradabilidad de la proteína bruta, DMS: degradabilidad de la fibra detergente neutro.

En general, los de porte arbustivo (*L. leucocephala* cv. Cunningham, *L. leucocephala* cv. 7 y *L. leucocephala* cv. América, *L. leucocephala* cv. CNIA-250) presentaron mayor calidad de la biomasa en términos de la menor concentración de fenoles, taninos y mimosina y mayor degradabilidad ruminal.

Por su parte, los cultivares de tipo "gigante", exceptuando a la K-28 que presentó excepcionales resultados, mostraron un comportamiento intermedio. Por el contrario, los cultivares de porte medio-alto, usados tradicionalmente con fines energéticos y para la producción de madera en Latinoamérica (*L. leucocephala* cv. Perú y *L. leucocephala* cv. Ipil-Ipil), se caracterizaron por presentar niveles sobresalientes de MS, PB; pero elevadas concentraciones de polifenoles y mimosina y baja degradabilidad ruminal.

DISCUSIÓN

Los resultados numéricos obtenidos en esta investigación en cuanto a la varianza total extraída mediante el ACP, coinciden en buena medida, con estudios en los que se evaluaron las características fitoquímicas de la biomasa de cuatro variedades de *Morus alba* (17) y de diez especies del género *Albizia* (18); donde la elevada variabilidad se encontró asociada a características muy diferenciadas en cuanto a la composición química de cada forraje.

La relación entre las variables relacionadas en el CP 1 demuestra que los cultivares con menores tenores de fibra, minerales, cenizas totales y fitatos Presentan elevado contenido proteico aspecto de gran connotación nutricional que ha sido señalado en investigaciones donde se han evaluado la composición nutritiva de follajes tropicales (19, 20).

La fuerte relación positiva de los niveles de Ca y P con el contenido de P. fitico y la poca relación del potasio en la CP 1 pudiera deberse a que una parte considerable del Ca pudiera estar ligada a las moléculas hexacíclicas de fitatos, considerando que estos compuestos antinutricionales enlazan

fuertemente a algunos cationes polivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+}), comparado con los monovalentes, imposibilitando así el aprovechamiento de los minerales por parte de los animales (22).

Por otra parte, es conocida la influencia negativa de los compuestos fenólicos en la degradabilidad y la digestibilidad de los recursos alimentarios y la necesidad de que estos presenten buena proporción de nitrógeno asimilable y baja cantidad de compuestos ligno-celulósicos. Al respecto, al estudiar el valor nutritivo de plantas forrajeras tropicales, se informa la baja degradabilidad de la MS de los materiales con mayor contenido de fibra y compuestos secundarios (20, 21); dicha relación se observó entre las variables de mayor representación en el CP 2.

La relación negativa de los contenidos de MS, FT y mimosina con la degradabilidad de las diferentes fracciones nutritivas, pone de manifiesto que los cultivares más suculentos presentaron menor contenido de compuestos fenólicos y de mimosina, además de que se degradaron intensivamente en el rumen. Al respecto, en numerosos estudios se ha informado la acción negativa de los taninos y de la mimosina en la degradación de los forrajes por inactivar algunas enzimas digestivas y disminuir, en algunos casos, la población de microorganismos en el rumen (9).

Por otra parte, la presencia en *Leucaena* de estos dos tipos de metabolitos secundarios, en concentraciones adecuadas, puede ser beneficiosa debido al posible incremento de la proteína no degradada en el rumen, traducido en una absorción de nitrógeno en el intestino. En el caso de los taninos, el efecto positivo radica en la formación del complejo con las proteínas y su posterior ruptura en el abomaso (9), mientras que la mimosina disminuye directamente la degradación por afectar la actividad de los microorganismos ruminales (6).

Adicionalmente, se ha descrito que los metabolitos secundarios de las especies vegetales, en dependencia de su estructura química, presentan funciones

específicas relacionadas con los procesos de protección de las plantas ante el ataque de herbívoros (23). Al respecto, los taninos son efectivos compuestos de defensa por sus propiedades astringente tanto para monogástricos como para rumiantes (24), mientras que la mimosina, como otros aminoácidos no proteicos, presenta distribución limitada en el reino vegetal y constituye un factor antinutricional más específico, con acción detrimental selectiva que no es detectado por los órganos sensoriales de los animales (5). Este aminoácido-alcaloide es especialmente tóxico para los animales con estómago simple en concentraciones superiores al 2%, mientras que los rumiantes pueden degradarla si cuentan con las bacterias adecuadas (6).

Por otra parte, es conocido que aunque las leguminosas presentan una amplia diversidad de compuestos con actividad biológica variada, en la mayoría de las especies estudiadas fitoquímicamente se ha observado que la acción combinada de compuestos tóxicos es más efectiva desde el punto de vista antinutricional, que el efecto adverso que pudiera causar un único compuesto (25). Quizás la presencia conjunta de fenoles y mimosina en los cultivares evaluados de *L. leucocephala* pudiera constituir una efectiva estrategia de defensa contra los rumiantes, insectos y otros animales. En el caso de los taninos, por sus propiedades astringentes pueden constituir factores disuasivos del consumo en el primer contacto de los animales con el alimento, mientras que la mimosina, al no ser detectada, pudiera actuar como un factor antinutricional de efecto deletéreo a mediano o largo plazo. La fuerte relación positiva entre los dos tipos de compuestos en los cultivares, descrita en la CP 2, pudiera ser de interés para los genetistas en la selección de híbridos con menores concentraciones de estos metabolitos (26).

En estudios de nutrición se ha demostrado que cuando los taninos de algunas especies tropicales presentan poca capacidad para precipitar proteínas, resultan inocuos para el sistema digestivo de los animales (27, 28); en el caso de los cultivares evaluados

es posible que las concentraciones no muy altas de TC y su poca actividad biológica (TPP) fueran los factores por los cuales no se afectó la degradabilidad ruminal de la MS y el resto de las fracciones.

Al respecto, en algunas investigaciones realizadas con leguminosas tropicales de un mismo género botánico o taxonómicamente cercanas entre sí, se ha demostrado que las especies rastreras, volubles y/o arbustivas presentan una composición discreta de nutrientes y en sentido general menores niveles de metabolitos secundarios tóxicos para el ganado (9,24,29,30). Sin embargo, los follajes de muchas arbóreas aunque son esencialmente proteicos, exhiben mayores concentraciones de compuestos fenólicos y menor degradabilidad (31). No obstante, las diferencias en la composición química se han asociado a las modulaciones interespecíficas del metabolismo primario y secundario, que dependen del genotipo (32) y del ambiente en algunos casos (33).

Aún cuando los cultivares de tipo "gigante" son consideradas tradicionalmente como buenas alternativas para las explotaciones forestales, los resultados de esta investigación sugieren que *L. leucocephala* cv. K-8 y *L. leucocephala* cv. K-67 pueden utilizarse también con éxito en la alimentación de rumiantes.

Los diez cultivares estudiados de *L. leucocephala* presentaron aceptable composición química para ser usados como alimento suplementario para rumiantes, aunque se pueden diferenciar fundamentalmente en términos de la fracción nitrogenada, fibrosa, contenidos de minerales, fitatos, taninos y degradabilidad ruminal.

En conclusión, las biomásas comestible de *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. América, cv. 7, cv. México, cv. CNIA-250 y cv. K-28 que presentaron las mejores características para la alimentación de rumiantes, por exhibir una adecuada composición proximal, menor cantidad de metabolitos secundarios y elevada degradabilidad de las fracciones nutritivas.

Agradecimientos

A la Estación Experimental y de Producción Agrícola "Rafael Rangel" de la Universidad de los Andes, Venezuela, por el financiamiento de esta investigación. Al Laboratorio de Nutrición del Centro

Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA-CENIAP) de Venezuela y al Laboratorio de Evaluación de Alimentos de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" de Cuba, por el apoyo prestado en algunas de las determinaciones analíticas.

REFERENCIAS

1. Clavero T. *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Maracaibo, Venezuela: Universidad del Zulia; 1998.
2. Simón L. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. En: Los árboles en la ganadería (Ed). Tomo I. Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey" Matanzas, Cuba: L. Simón; 1998.
3. NAS. *Leucaena*: promising forage and tree crop for the tropics. 2nd Ed. Washington, DC: National Academy of Science. 1984.
4. Mishra CM, Srivastava RJ, Singh SI. Pattern of biomass accumulation and productivity of *Leucaena leucocephala* var, K-8 under different spacing. *Indian Forrest* 1986; 112(8): 743-746.
5. Parrotta JA. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena*, tantan. Leguminosae (Mimosoideae) Legume family. New Orleans, LA, USA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Institute of Tropical Forestry; 1992. URL Disponible: [http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/sm_iitf052%20%20\(8\).pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/sm_iitf052%20%20(8).pdf)
6. Razz R, Clavero T, Vergara J. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica FCV-LUZ* 2004; XIV(5): 424-430.
7. Hernández, A. Clasificación genérica de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Ciudad de La Habana, Cuba: AGRINFOR; 1999.
8. AOAC. Official methods of analysis. Washington, D.C., USA: Association of Official Agricultural Chemistry; 2005.
9. Makkar HPS. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Netherlands: Kluwer Academic Publishers; 2003.
10. Makkar HPS, Dawra RK, Singh B. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *J Agric Food Chem* 1988; 36: 523-525.
11. Porter IJ, Hrstich IN, Chan BG. The conversión of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry* 1986; 25: 223-230.
12. Early EB, Turk EE. Time and rate of synthesis of phytin in corn grain during the reproductive period. *J Anim Sci Agron* 1944; 36: 803-808.
13. Matsumoto H, Sherman GD. A rapid colorimetric method for the determination of mimosina. *Arch Biochem Biophys* 1951; 33: 195-200.
14. Mehrez AZ, Ørskov ER. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J Agric Sci (Cambridge)* 1977; 88: 645-649.
15. Visauta, B. Análisis Estadístico con SPSS para Windows. En: Visauta, B. (Ed). *Estadística Multivariante*. Madrid, España: Mc-Graw-Hill-Interamericana de España; 1998.
16. Philippeau, G. Comment interpréter les résultats d´ une analyse in composants principales. Lusignan, France: Service des Etudes Statistiques. ITCF; 1986.

17. García DE, Medina MG, Ojeda F. Efecto de la fertilización en las variaciones fitoquímicas y su repercusión antinutricional en cuatro variedades de morera. *Pastos y Forrajes* 2006; 29 (1): 71-81.
18. García DE, Medina MG, Ojeda F, Humbría J, C.E. Domínguez, et al. Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. *Pastos y Forrajes* 2006; 29 (4): 231-241.
19. Valdés R, Balbín MI. Curso de fisiología y bioquímica vegetal. La Habana, Cuba: Universidad Nacional de Ciencias Agrarias de la Habana; 2000.
20. Salawu MB, Acamovic T, Stewart CS, Maasdorp B. Assesment of the nutritive value of *Calliandra calothyrsus* its chemical composition and the influence of tannins, pipercolic acid and polyethylenglycol on *in vitro* organic matter digestibility. *Anim Feed Sci Technol* 1997; 69: 219-232.
21. Pinto R, Ramírez I, Kú-vera JC, Ortega L. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. *Pastos y Forrajes* 2002; 25 (3): 171-180.
22. Godoy S, Chicco CF. Actividad fitásica *in vitro* de los microorganismos del rumen y degradación *in situ* de un sustrato fibroso en ovinos alimentados con diferentes regimenes. *Zootecnia Trop* 2005; 23(1): 61-68.
23. García DE, Medina MG. Contenido antinutricional de la biomasa comestible en especies del género *Albizia*. *Zootecnia Trop* 2005; 23(4): 345-361.
24. Mueller-Harvey I, Mc Allan AB. Tannins. Their biochemistry and nutritional properties. In: *Advances in plant cell biochemistry and biotechnology*, London, U.K. 1992. p. 151-159.
25. García DE. Principales factores antinutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes* 2004; 27 (2): 101-111.
26. Makkar HPS, Becker K, Abel E, Pawelzik E. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factor in some colour-and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *J Sci Food Agric* 1997; 45:511-520.
27. Makkar HPS, Singh B, Dawra RK. Tannin levels in the leaves of some oak species at different stage of maturity. *J Agric Food Chem* 1991; 54: 513-519.
28. Makkar HPS, Becker K. Do tannins in leaves of trees and shrubs from Africa and Himalayan regions differ in level and activity?. *Agroforestry systems* 1998; 40 (1): 59-68.
29. Sotelo A, Soto M, Lucas, B. Comparative studies of the alkaloids composition of two Mexican *Erythrina* species and nutritive value of the detoxified seeds. *J Agric Food Chem* 1996, 41: 2340-2343.
30. Martínez SJ, Hernández Y, Guevara R. Determinación cuantitativa de algunos factores antinutritivos en cinco leguminosas tropicales. En: Resúmenes Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles en los sistemas de producción ganadera". Matanzas, Cuba: EEPF "Indio Hatuey"; 1996.
31. Makkar HPS, Dawra RK, Singh B. Changes in tannin content, polymerization and protein-precipitation capacity in oak (*Quercus incana*) leaves with maturity. *J Agric Food Chem* 1988; 44: 301-307.
32. Pineda, M. Resúmenes de Fisiología vegetal. Córdoba, España: Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba; 2004.
33. O'Reilly-Wapstra JM, Potts BM, Mc Arthur C, Dabies NW. Effect of nutrient variability on the genetic-based resistance of *Eucalyptus globulus* to a mammalian herbivores and on plant defences chemistry. *Oecologia* 2005; 142: 597-605.