

# Variación interespecífica de la calidad nutricional de diecisiete accesiones de *Leucaena*

Inter-specific variation of the nutritional quality of seventeen *Leucaena* accessions

García, D. E.;<sup>1\*</sup> Wencomo, H. B.;<sup>2</sup> Medina, M. G.;<sup>1</sup> Cova, L. J.;<sup>3</sup> González, M. E.;<sup>3</sup> Pisan, P.;<sup>4</sup> Domínguez, C. E.<sup>4</sup> y Baldizán, A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Trujillo, Venezuela.

\*Correspondencia: dagamar8@hotmail.com

<sup>2</sup>Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba.

<sup>3</sup>Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Universidad de los Andes (ULA). Trujillo, Venezuela.

<sup>4</sup>Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". San Juan de los Morros, Guárico, Venezuela.

## Resumen

Se realizó un experimento para evaluar, mediante el análisis de componentes principales (ACP), la variabilidad de la composición nutricional del follaje de diecisiete accesiones del género *Leucaena* (8 *L. leucocephala*, 5 *L. lanceolata*, 2 *L. diversifolia*, 1 *L. glauca* y 1 *L. esculenta*) establecidas en Matanzas, Cuba, en condiciones tropicales y suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. Se determinó el perfil bromatológico, los niveles de metabolitos secundarios y la degradabilidad ruminal. Mediante el ACP se formaron tres componentes y se extrajo un porcentaje de varianza intermedio (64.83). Los indicadores que explicaron mejor las variaciones entre las accesiones fueron la fracción proteica (PC y PV), la lignina, los compuestos polifenólicos (FT, TPP, TC), los fitatos y la degradabilidad ruminal (DMS, DPC, DFDN). Sin embargo, los niveles de MS, fracción fibrosa (FDN, FDA, FC, celulosa), mimosina y minerales presentaron variaciones menos importantes. Se identificaron tres grupos

## Abstract

An experiment was carried out in order to evaluate, by means of the main components analysis (MCA), the variability of the nutritional composition of seventeen accessions of *Leucaena* genus (8 *L. leucocephala*, 5 *L. lanceolata*, 2 *L. diversifolia*, 1 *L. glauca* and 1 *L. esculenta*) settled down in Matanzas, Cuba, under tropical conditions and Leached Red Ferralitic Soil. The bromatological profile, the secondary metabolites level and the ruminal degradability were determined. Three components were formed and a relative percentage of variance was extracted (64.83). The proteic fraction (CP and TP), lignin, polyphenolic compounds (TPh, PT, CT), phytates and ruminal degradability (DMD, CPD, NDFD) explained better the variations among the accessions. However, the MS, fibrous fraction (NDF, ADF, CF, cellulose), mimosine and minerals level presented less important variations. Three groups with differentiated nutritional characteristic were identified. Although all the acces-

con características nutricionales diferenciadas. Aunque todas las accesiones presentaron buena composición proximal, las accesiones de *L. diversifolia* y *L. esculenta* presentaron mayor concentración de metabolitos secundarios y menor degradabilidad ruminal. En todos los casos la degradación de la MS, PC y FDN se vio afectada por los contenidos de polifenoles y fitatos. Las accesiones de *L. leucocephala* (LP111-187, IH-164, IH-449, IH-1069, IH-1140, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219), *L. lanceolata* (CIAT-17223, CIAT-17501, CIAT-17252, CIAT-17255, CIAT-17256) y *L. glauca* presentaron los mejores resultados.

#### Palabras clave

Leguminosas, composición química, taninos, mimosina, degradabilidad, análisis de componentes principales.

sions showed good proximal composition, the *L. diversifolia* and *L. esculenta* accessions presented bigger concentration of secondary metabolites and smaller ruminal degradability. In all cases the DM, CP and NDF degradation were affected by the polyphenols and phytates content. The *L. leucocephala* (LP111-187, IH-164, IH-449, IH-1069, IH-1140, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219), *L. lanceolata* (CIAT-17223, CIAT-17501, CIAT-17252, CIAT-17255, CIAT-17256) and *L. glauca* accessions presented the best results.

#### Keywords

Leguminous, chemical composition, tannins, mimosine, degradability, main components analysis.

## Introducción

Muchas de las variedades y ecotipos de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit. han sido estudiadas de forma integral, por su rápido desarrollo, en muchas partes del mundo y buena composición química y valor nutritivo de la biomasa [Clavero, 1998]. En la actualidad, la búsqueda continua de otras alternativas alimenticias, dentro del género *Leucaena*, han conducido al estudio de variedades menos conocidas e inclusive, a caracterizar las potencialidades forrajeras de otras integrantes del género [García *et al.*, 2008b].

En este sentido, además de *L. leucocephala*; *Leucaena lanceolata*, *Leucaena diversifolia*, *Leucaena esculenta* y *Leucaena glauca* constituyen algunas de las especies de mayor distribución en el trópico y, a su vez, presentan excelente adaptación a la mayoría de las condiciones edafoclimáticas en Latinoamérica. Adicionalmente, estas especies, en sentido general, presentan contenidos proteicos elevados (15-25%) y aceptable degradabilidad ruminal (30-80%). No obstante, se han observado fluctuaciones importantes en muchos de los resultados obtenidos debido a la elevada variabilidad inter e intra-específica [Stewart y Dunsdon, 1998].

Por otra parte, en la caracterización de especies vegetales, los métodos multivariados constituyen procedimientos estadísticos precisos, de forma integrada, la variabili-

dad dentro de colecciones con perspectiva agropecuaria [Machado, 2006]. Mediante estos estudios, en muchos casos, se puede determinar cuáles de los miembros de un grupo de individuos presentan mejores resultados productivos o comportamientos sobresalientes, prescindiendo del uso de análisis de varianza que no permiten visualizar las potencialidades interespecíficas de forma abreviada [Hidalgo, 2003].

Considerando que aún existen muchas variedades de *Leucaena* de las cuales no se conoce las potencialidades nutritivas de su biomasa en condiciones tropicales, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el follaje de diecisiete accesiones de *Leucaena*, basado en las variaciones de la composición nutricional, utilizando el análisis de componente principales (ACP).

## Materiales y métodos

### *Localización del área de muestreo*

La investigación se realizó en terrenos de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” (EPPFIH), perteneciente al municipio Perico, provincia Matanzas, Cuba. La plantación objeto de estudio se encuentra localizada a los 20° 50’ de latitud Norte y 79° 32’ de longitud Oeste, a una altitud de 19.9 msnm.

El experimento se llevó a cabo sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (tipo Húmico Nodular Ferruginoso Hidratado) de rápida desecación. La fertilidad natural se considera buena, el pH oscila entre 6.4 y 7.3; y presenta contenido bajo a medio de materia orgánica [Hernández, 1999].

El régimen de lluvias se caracteriza por presentar dos periodos anuales: uno lluvioso, entre mayo y octubre; y otro seco, que abarca desde noviembre hasta abril. La temperatura oscila entre 16.2 y 28.5° C, con una humedad relativa elevada (60-70%).

### *Siembra y establecimiento*

Las accesiones de *Leucaena* fueron sembradas en julio de 1996, ocupando un área de 0.75 ha; las plantas se encontraban a una distancia de 6 x 3 m entre surcos y entre individuos, respectivamente, en cinco parcelas simples distribuidas al azar con cuatro plantas de cada una por parcela. En el área no se realizaron aplicaciones de riego, fertilizantes ni de herbicidas durante el periodo experimental.

### *Accesiones evaluadas*

Se evaluaron diecisiete accesiones de *Leucaena* pertenecientes a la colección del banco de germoplasma de la EPPFIH. Éstas fueron: *L. leucocephala* (LPIII-187,

IH164, IH-449, IH-1069, IH-1140, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219), *L. lanceolata* (CIAT-17223, CIAT-17501, CIAT-17252, CIAT-17255, CIAT-17256), *L. diversifolia* (CIAT-17270, CIAT-17485), *L. esculenta* (CIAT-17225) y *L. glauca*.

#### *Periodo de recolección de muestras*

Se evaluó la calidad de la biomasa comestible por un periodo de tres años consecutivos (2000-2003), en las dos épocas representativas de Cuba. Los muestreos por época se realizaron siempre en los mismos meses (enero para la época de seca y julio para la lluviosa).

#### *Recolección y preparación del material vegetal*

Las muestras de biomasa comestible de 90 días de edad (680 g de hojas y tallos tiernos con diámetros inferiores a 6 mm) fueron recolectadas seis veces durante el periodo evaluado en el total de las parcelas, a partir de plantas sometidas a cortes a 1 m sobre el nivel del suelo.

Las plantas constituyeron las unidades experimentales. El material vegetal de cada una se procesó de forma independiente y cada muestra de follaje constituyó una réplica; utilizando 5 plantas por accesión. La biomasa se llevó de forma inmediata al laboratorio y fueron secadas por cinco días a temperatura ambiente en ausencia de luz, para evitar la fotoxidación de los metabolitos secundarios. Posteriormente, se molieron hasta un tamaño de partícula de 1 mm y se colocaron en frascos de vidrio herméticos hasta el momento del análisis, el cual no sobrepasó de los 25 días de almacenamiento.

#### *Mediciones analíticas*

La determinación de todas las variables se realizó por triplicado, los contenidos de materia seca (MS) se determinaron mediante secado en estufa con ventilación forzada a 60° C durante 72 horas; la proteína cruda (PC) se cuantificó mediante el método Kjeldahl; la proteína verdadera (PV) induciendo la precipitación de proteínas de la disolución y cuantificación posterior de nitrógeno residual; la fibra cruda (FC) se determinó mediante tratamiento térmico con ácido y álcalis y filtraciones secuenciadas. Los niveles de calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K) y ceniza se cuantificaron mediante previa calcinación de la muestra y posterior análisis espectrofotométrico para los minerales; todos los procedimientos se llevaron a cabo siguiendo las metodologías propuestas por la AOAC (1990).

La fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina detergente ácido (LDA) y celulosa se cuantificaron según el fraccionamiento descrito por Van Soest *et al.* (1991).

Los niveles de hemicelulosa no fueron incluidos como variable en esta investigación; ya que se calcula por diferencia (hemicelulosa=FND-FDA) y no aportaría ningún resultado relevante sobre la relación entre los indicadores nutricionales analizados mediante el ACP, debido a que es una relación matemática y no una determinación analítica directa.

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se llevó a cabo mediante el método de Folin-Ciocalteu [Makkar, 2003], los taninos precipitantes (TPP) se determinaron con el uso de la albúmina de suero bovino [Makkar *et al.*, 1988] y los taninos condensados (TC) basado en el ensayo de nbutanol/H<sup>+</sup> mediante las modificaciones propuestas para la cuantificación de proantocianidinas en el follaje de especies de *Leucaena* [Dalzell y Kerven, 1998; Dalzell, 2000]. Los niveles de fósforo fítico (P. fítico) se determinaron mediante modificaciones realizadas al método original propuesto por Early y Turk [1944]. Los contenidos de mimosina se cuantificaron en el material fresco mediante desarrollo de color [Matsumoto y Sherman, 1951].

En las estimaciones de la degradabilidad *in situ* de la MS (DMS), PC (DPC) y de la FDN (DFDN) se utilizaron las 48 horas como tiempo de incubación. Se evaluaron cinco muestras por accesión y el experimento se llevó a cabo en periodos continuos de quince días.

La degradabilidad se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen [Mehrez y Ørskov, 1977] empleando las muestras colectadas en el primer año de evaluación de la plantación. Se usaron dos bolsas por muestra (4 x 3 cm) con un tamaño de poro de 50 micra y tres repeticiones, para un total de treinta incubaciones por accesión en cada época. En cada incubación se introdujeron 4 muestras por animal.

Aproximadamente 2.5 g de biomasa comestible fueron incubados en el rumen de tres ovinos Criollos (38.2 ± 3.32 kg de peso vivo) con cánula permanente, los cuales, antes de la incubación de cada tratamiento fueron adaptados a consumir los forrajes por una semana, como suplemento de una dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon nlemfluensis*), 170 g/animal/día de concentrado comercial (PC: 18.5%, FDN: 65.3%; ceniza: 5.9%) y agua a voluntad.

#### *Diseño experimental, tratamientos y métodos estadísticos*

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado con cinco réplicas, donde las accesiones evaluadas constituyeron los tratamientos. Para el procesamiento de la información se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10.0 para Windows® [Visauta, 1998]. Para llevar a cabo el ACP se utilizó la opción "Data Reduction" empleando la matriz de co-varianza para la obtención de las relaciones entre las variables. La agrupación, en dependencia de las características nutricionales de las accesiones, se realizó usando

el diagrama tridimensional a partir de las coordenadas obtenidas en el ACP para cada caso [Philippeau, 1986].

## Resultados

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos en el ACP para la composición química y la degradabilidad ruminal. En este sentido, la varianza total extraída mediante el análisis fue intermedia (64.83 %).

El primer componente (CP 1) extrajo el 38.00% de la variabilidad y los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron la fracción proteica (PC y PV), la LDA, los contenidos de FT, TPP, TC y P. fítico y la degradación *in situ* de la MS, PC y FDN.

Cuadro 1. Resultados del ACP y relación entre las variables nutricionales de diecisiete accesiones de *Leucaena*.

Variable	Componente Principal		
	1	2	3
Materia seca	-0,30	-0,45	<b>0,55</b>
Proteína cruda	<b>0,65</b>	-0,04	0,23
Proteína verdadera	<b>0,60</b>	-0,08	0,26
FDN	-0,07	<b>0,82</b>	0,09
FDA	0,23	<b>0,69</b>	0,17
FC	0,12	<b>0,91</b>	0,24
LDA	<b>-0,66</b>	0,44	0,31
Celulosa	0,21	0,11	<b>0,71</b>
Calcio	-0,05	-0,35	<b>-0,41</b>
Fósforo	0,42	0,36	<b>-0,62</b>
Potasio	0,04	0,27	<b>-0,44</b>
Ceniza	0,01	0,21	<b>-0,37</b>
Polifenoles totales	<b>-0,95</b>	0,05	0,19
Taninos precipitantes	<b>-0,96</b>	0,07	0,20
Taninos condensados	<b>-0,95</b>	0,06	0,19
P. fítico	<b>-0,70</b>	-0,06	0,24
Mimosina	-0,39	<b>0,41</b>	-0,12
DMS	<b>0,97</b>	-0,06	0,04
DPC	<b>0,86</b>	-0,13	0,25
DFDN	<b>0,97</b>	-0,10	-0,07
Valor propio ( $\lambda$ )	7,60	2,99	2,38
Varianza (%)	38,00	14,93	11,90
Varianza total (%)	38,00	52,93	64,83

FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; FC: fibra cruda; LDA: lignina detergente ácido; P. fítico: fósforo fítico; DMS: degradabilidad de la materia seca a las 48 h; DPC: degradabilidad de la proteína cruda a las 48 h; DFDN: degradabilidad de la fibra detergente neutro a las 48 h.

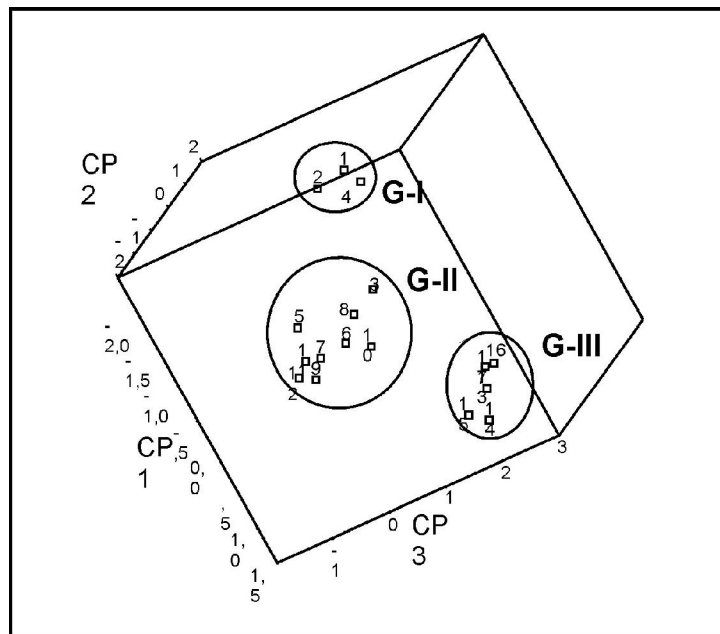
Con respecto a la interrelación entre las variables, los contenidos de proteínas y la degradabilidad ruminal se relacionaron de forma negativa con los niveles de FT, TPP, TC, LAD y P. fitico.

El segundo componente (CP 2) explicó el 14.93% de la variabilidad y en su formación contribuyó la mayoría de los componentes de la fracción fibrosa (FDN, FDA, FC) y el contenido de mimosina, todas relacionadas positivamente entre sí.

El tercer componente (CP 3) extrajo el 11.90% y la mayor representación correspondió con el porcentaje de MS, celulosa, Ca, P, K y ceniza. En este sentido, los minerales y la ceniza se relacionaron de forma negativa con las dos primeras variables.

A partir de los resultados obtenidos en el ACP, en la Figura 1 se muestran las agrupaciones formadas.

Figura 1. Distribución de diecisiete accesiones de *Leucaena* según sus características nutritivas.



G-I (<sup>1</sup>*L. diversifolia* CIAT-17485, <sup>2</sup>*L. diversifolia* CIAT-17270, <sup>4</sup>*L. esculenta* CIAT-17225), G-II (<sup>3</sup>*L. glauca*, <sup>5</sup>*L. leucocephala* LP111-187, <sup>6</sup>*L. leucocephala* IH-449, <sup>7</sup>*L. leucocephala* IH-164, <sup>8</sup>*L. leucocephala* IH-1140, <sup>9</sup>*L. leucocephala* IH-1069, <sup>10</sup>*L. leucocephala* Ecotec, <sup>11</sup>*L. leucocephala* IRI-3164, <sup>12</sup>*L. leucocephala* IRI-3219), G-III (<sup>13</sup>*L. lanceolata* CIAT-17255, <sup>14</sup>*L. lanceolata* CIAT-17223, <sup>15</sup>*L. lanceolata* CIAT-171501, <sup>16</sup>*L. lanceolata* CIAT-17256, <sup>17</sup>*L. lanceolata* CIAT-17252), CP: componente principal.

Las accesiones se dividieron en tres grupos con características diferenciadas desde el punto de vista nutricional. El grupo I (G-I) estuvo integrado solamente por las accesiones de *L. diversifolia* (CIAT-17485 y CIAT-17270) y *L. esculenta* CIAT-17225. Éste se distinguió del resto por presentar concentraciones inferiores de proteínas y mayor cantidad de compuestos polifenólicos (FT, TPP, TC) y P. fítico y menor DMS, DPC y DFDN, comparativamente con el resto.

El grupo II (G-II), estuvo integrado por todas las accesiones de *L. leucocephala* (LP111-187, IH-449, IH-164, IH-1140, IH-1069, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219) y por *L. glauca*; esta agrupación, aunque presentó características nutricionales similares a las accesiones del grupo III (G-III), se caracterizó por presentar mayor concentración de minerales (Ca, P y K) y menor proporción de celulosa y MS.

El G-III estuvo integrado por las accesiones de *L. lanceolata* (CIAT-17255, CIAT-17223, CIAT-171501, CIAT-17256, CIAT-17252) y se diferenció del resto, fundamentalmente, por su mayor contenido de MS y celulosa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Media grupal de las variables nutricionales en el follaje de diecisiete accesiones de *Leucaena*.

Variable	G-I	G-II	G-III
Materia seca	25,15	22,99	26,76
Proteína cruda	20,47	24,37	25,86
Proteína verdadera	15,61	18,16	19,64
FDN	44,77	44,71	44,44
FDA	25,42	25,63	25,61
FC	17,57	17,61	17,84
LDA	10,90	10,38	9,63
Celulosa	13,00	11,41	13,58
Calcio	1,75	1,94	1,75
Fósforo	0,13	0,21	0,16
Potasio	1,91	2,37	1,99
Ceniza	6,86	8,11	7,03
Polifenoles totales	6,54	3,49	3,82
Taninos precipitantes	4,44	1,39	1,72
Taninos condensados	4,80	1,64	2,01
P. fítico	0,10	0,07	0,09
Mimosina	1,77	1,42	1,75
DMS	43,16	51,47	52,66
DPC	49,84	55,44	58,68
DFDN	29,93	39,47	39,51

**G-I** (<sup>1</sup>*L. diversifolia* CIAT-17485, <sup>2</sup>*L. diversifolia* CIAT-17270, <sup>4</sup>*L. esculenta* CIAT-17225), **G-II** (<sup>3</sup>*L. glauca*, <sup>5</sup>*L. leucocephala* LP111-187, <sup>6</sup>*L. leucocephala* IH-449, <sup>7</sup>*L. leucocephala* IH-164, <sup>8</sup>*L. leucocephala* IH-1140, <sup>9</sup>*L. leucocephala* IH-1069, <sup>10</sup>*L. leucocephala* Ecotec, <sup>11</sup>*L. leucocephala* IRI-3164, <sup>12</sup>*L. leucocephala* IRI-3219), **G-III** (<sup>13</sup>*L. lanceolata* CIAT-17255, <sup>14</sup>*L. lanceolata* CIAT-17223, <sup>15</sup>*L. lanceolata* CIAT-171501, <sup>16</sup>*L. lanceolata* CIAT-17256, <sup>17</sup>*L. lanceolata* CIAT-17252).

FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácido; FC: fibra cruda; LDA: lignina detergente ácido; P. fítico: fósforo fítico; DMS: degradabilidad de la materia seca a las 48 h; DPC: degradabilidad de la proteína cruda a las 48 h; DFDN: degradabilidad de la fibra detergente neutro a las 48 h.



## Discusión

En evaluaciones de recursos fitogenéticos, el uso del porcentaje de varianza es extremadamente útil para definir cuáles de las variables cuantificadas presentan la mayor importancia en la caracterización de accesiones con patrones genotípicos similares [Hidalgo, 2003]. En este sentido, el porcentaje de varianza extraído en los primeros tres componentes pone de manifiesto que las accesiones presentan diferencias sustanciales en algunas de las variables cuantificadas.

La variabilidad extraída, como resultado del ACP, es inferior a la informada en una evaluación nutricional realizada con sólo accesiones de *L. leucocephala* (85.83%), en la cual se demostró la mayor variación fenotípica de los ecotipos de esa especie [García *et al.*, 2008 a, c]. Sin embargo, en esta investigación, donde se estudiaron varias accesiones de diferentes especies, los resultados sugieren que las accesiones pertenecientes a *L. leucocephala* (IH, IRI y Ecotec) presentan características nutricionales similares al resto de los ecotipos evaluados de *L. glauca*, *L. lanceolata*, *L. diversifolia* y *L. esculenta*.

Considerando que solamente una parte de las variables cuantificadas (PC, PV, LAD, FT, TPP, TC, DMS, DPC, DFDN) agruparon la mayor variación numérica, resalta la importancia de los niveles proteicos, los compuestos polifenólicos y la degradación de las fracciones nutritivas, como los indicadores de mayor relevancia desde el punto de vista comparativo.

La relación fuertemente inversa entre los niveles de fenólicos (FT, TPP, TC) y LAD con la degradación ruminal, indica el efecto negativo de estos compuestos en el rumen, aspecto que ha sido comúnmente informado, sobre todo en investigaciones realizadas con *L. leucocephala* [Dalzell *et al.*, 1998]. Sin embargo, la mayoría de las evaluaciones nutricionales y fitoquímicas con otras especies de este género se han llevado a cabo en las últimas décadas, y, en muchos casos, los resultados obtenidos muestran divergencias asociadas con aspectos inherentes a los cultivares estudiados y a las condiciones edafoclimáticas prevalecientes [Hughes y Harris, 1995; Stewart y Dunsdon, 1998].

Aún cuando el contenido de mimosina se encontró representado fundamentalmente en el CP 2, una parte de la variabilidad de la colección quedó distribuida en el CP 1, lo cual pudiera describir la influencia, también perjudicial, de este metabolito en la salud animal, por encontrarse relacionada negativamente con la degradabilidad *in situ*.

Si bien la presencia de mimosina y sus metabolitos derivados puede ser perniciosa por afectar la digestibilidad del nitrógeno y ocasionar efectos tóxicos, en la mayoría de los casos, cuando las concentraciones son inferiores al 6% BS, éstos pueden actuar como compuestos pronutricionales en la alimentación de rumiantes [Clavero, 1998].

Los resultados obtenidos en el CP 1, describen que algunas de las variables más importantes del metabolismo primario en estas accesiones se encuentran estrechamente relacionadas con el proceso fisiológico de envejecimiento de la biomasa, descrito por Pineda [2004], en el cual, a medida que la fracción comestible madura, se forma una mayor proporción de compuestos ligados a la pared celular, fundamentalmente ligninas y carbohidratos estructurales, a expensa de la disminución de los contenidos proteicos.

No obstante, la relación positiva entre los niveles de LAD y los compuestos polifenólicos es inconsistente con las descripciones realizadas por algunos autores sobre los procesos naturales de detoxificación e inactivación biológica de los taninos que ocurre en los follajes de algunas leguminosas [Makkar y Becker, 1994; Makkar *et al.*, 1996; García y Medina, 2005; García y Medina, 2006], en las cuales, a medida que la biomasa envejece, disminuye drásticamente la concentración de fenoles, taninos y de otros metabolitos secundarios, ya que se biotransforman o se unen irreversiblemente a la pared celular. Este resultado quizá se explique por el hecho de que en las accesiones, los compuestos fenólicos presentan otras funciones [Makkar, 2003], o que la biosíntesis de estos metabolitos, con relación a la edad de la biomasa, no sea coherente en todas las especies evaluadas.

Con relación a los fitatos, aunque estos se encuentran mayoritariamente en las semillas de leguminosas, es conocido que mediante procesos de movilización pueden estar presentes en el follaje, aunque en concentraciones más bajas [Galindo *et al.*, 2005]. No obstante, la fuerte relación encontrada entre los contenidos de FT, TPP, TC y el P. fítico, aun cuando los niveles de este último en las accesiones no sobrepasó el 0.10% BS, pudiera ser indicativo, en este caso, del papel defensivo de los metabolitos secundarios en el género *Leucaena*.

Quizá la presencia conjunta de fenoles, fitatos y mimosina, pudiera constituir una estrategia de protección, considerando que, dentro de la mayoría de las especies de *Leucaena*, *L. leucocephala*, *L. glauca* y *L. lanceolata* presentan un perfil polifenólico inferior al de *L. diversifolia* y *L. esculenta* [Stewart y Dunsdon, 1998].

La fuerte relación positiva entre los dos tipos de compuestos secundarios, relacionados en la CP 1, pudiera constituir un aspecto de interés para el cruzamiento y la selección de híbridos interespecíficos con niveles inferiores de polifenoles y fitatos, pero con concentraciones variables de mimosina.

La fuerte relación observada entre los minerales relacionados en el CP 3 y el porcentaje de MS y celulosa, describe que las accesiones más suculentas presentaron menor contenido de celulosa y mayor concentración de minerales en la biomasa.

La inexistencia de una relación fuerte, en un mismo CP entre los niveles de P total y P. fítico, refleja la poca correspondencia entre las fracciones de fósforo, lo cual no coincide con los resultados obtenidos en los granos de numerosos ingredientes utilizados para la alimentación de rumiantes [Godoy *et al.*, 2005] y en la biomasa de otras

accesiones de *L. leucocephala* y *L. macrophylla* [García *et al.*, 2008 a, b], donde se encontraron  $r^2$  superiores a 0.70, describiendo la fuerte relación para ambas variables.

Aunque se conoce que estos compuestos son abundantes en los cereales, estos resultados describen, quizá, la poca importancia de los fitatos presentes en las accesiones evaluadas de *Leucaena* y su poca relevancia antinutricional, con respecto a otros metabolitos mayoritarios presentes en las hojas y los tallos tiernos.

Aunque el perfil nutritivo de las accesiones evaluadas fue similar en todos los casos, se observaron patrones definidos. En sentido general, las de *L. leucocephala* y *L. lanceolata* presentaron mejor comportamiento que las pertenecientes a *L. diversifolia* y *L. esculenta*, aspecto tratado por Stewart y Dunsdon [1998] en una investigación realizada donde se incluyeron estas especies. Sin embargo, aunque *L. diversifolia* presentó una fracción fenólica acentuada, en experimentos con rumiantes se ha podido determinar que aún así constituye una buena alternativa para la alimentación de estos animales [Stewart *et al.*, 1992; Stewart y Dunsdon, 1998]. No obstante, todas las accesiones evaluadas en esta investigación pueden ser empleadas, esencialmente, como fuente de materia seca y proteínas para los rumiantes.

En todos los casos, la degradabilidad ruminal de la MS osciló entre 40 y 53%, y los resultados más bajos se observaron en *L. diversifolia* y *L. esculenta*; esto quizá se debe a que, considerando los relativamente elevados niveles de taninos precipitantes entre las accesiones de estas especies ( $4.44 \pm 0.49$  %BS), los TPP pudieron acomplejar la proteína, imposibilitando la degradación efectiva del follaje en su paso por el tracto gastrointestinal; ya que, se ha demostrado en condiciones *in vitro* que cuando estos compuestos se encuentran en concentraciones superiores a 2.1 %BS se afecta la fermentación [Makkar, 2003].

Resulta poco apropiado atribuir las variaciones de la composición química inter-accesiones a las condiciones prevalecientes en el área experimental, puesto que se conoce muy poco sobre las características de la química integral de las accesiones evaluadas, fundamentalmente las correspondientes a *L. lanceolata* y *L. esculenta*.

Se debe destacar que los resultados obtenidos en las accesiones de *L. leucocephala*, *L. glauca* y *L. lanceolata* pudieran ser comparables con los informados por García *et al.* [2008c] en un amplio número de accesiones de *L. leucocephala* CIAT establecidas en las mismas condiciones experimentales. Sin embargo, la composición nutricional de las integrantes de *L. esculenta* y *L. diversifolia* es similar a la informada en varias accesiones de *L. macrophylla*, las cuales exhiben perfil polifenólico y niveles de mimosina similares a las accesiones de las anteriores especies [García *et al.*, 2008b].

Considerando los valores obtenidos en esta investigación para la fracción polifenólica de las especies de *Leucaena* y los informadas en otros estudios en los cuales se han cuantificado los niveles de metabolitos secundarios; en sentido general, e independientemente de las condiciones prevalecientes de cultivo y clima, las accesiones más repre-

sentativas de *L. leucocephala*, *L. collinsii*, *L. trichodes*, *L. lanceolata*, *L. multicapitulata* y *L. salvadorensis* presentan contenidos discretos de fenoles, TPP, TC y mimosina, si se comparan con algunas de las accesiones de mayor distribución tropical de *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. pulverulenta*, *L. retusa*, *L. trichandra* y *L. macrophylla* [Dalzell, 2000; Jones y Palmer, 2002]. No obstante, en todos los casos, las diferencias químicas, se encuentran relacionadas con las características del genoma de cada una y su interacción con el ambiente, ya que no pudo existir sesgo al encontrarse todas en condiciones homogéneas de experimentación.

## Conclusiones

La biomasa comestible de todas las accesiones estudiadas de *L. leucocephala*, *L. lanceolata* y *L. glauca* presentan una mejor calidad nutricional para ser utilizada como alimento suplementario para rumiantes, comparadas con los ecotipos de *L. diversifolia* y *L. esculenta*. Estas últimas presentan mayor cantidad de fenoles, taninos precipitantes y taninos condensados, y menor degradabilidad ruminal de la MS, PC y FDN. Las accesiones se pueden diferenciar fundamentalmente por los contenidos de proteína, fracción fibrosa, taninos, mimosina y degradabilidad ruminal. No obstante, todas son buenas alternativas para sistemas en los cuales el follaje de los árboles constituya una parte importante de la dieta de los animales.

El ACP constituye una herramienta estadística muy útil para realizar caracterizaciones de recursos fitogenéticos con potencial forrajero mediante la determinación de la variabilidad interespecífica. A través de esta metodología se pueden caracterizar accesiones de *Leucaena* estableciendo las variables nutricionales más relevantes con fines comparativos.

## Literatura citada

- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15<sup>th</sup> ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA. 500 pp.
- Clavero, T. 1998. *Leucaena leucocephala. Alternativa para la alimentación animal*. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 78 pp.
- Dalzell, A. S. and Kerven, G. L. 1998. *A rapid method for the measurement of Leucaena spp. proanthocyanidins by the proanthocyanidin (butanol/HCl) assay*. J. Sci. Food Agric. 78: 405-416.
- Dalzell, A. S.; Stewart, J. L.; Tolera, A. and McNeill, D. M. 1998. *Chemical composition of Leucaena and implication for forage quality*. In: Shelton H.M., Gutteridger R. C., Mullen B. F., Bray, R.A. (Eds.). *Leucaena adaptation, quality and farming systems*. ACIAR Proceedings No. 86 pp. 227-246.
- Dalzell, A. S. 2000. *Genotypic and environmental effects con proanthocyanidin in the Leucaena genus*. PhD. Thesis University of Queensland, Queensland, Australia 150 pp.
- Early, E. B. and Turk, E. E. 1944. *Time and rate of synthesis of phytin in corn grain during the reproductive period*. J. Anim. Sci. Agron., 36: 803-808.

- Galindo, J.; Delgado, D.; Pedraza, R. y García D. E. 2005. *Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas*. Pastos y Forrajes, 28(1): 59-68.
- García, D. E. y Medina, M. G. 2005. *Metodología para el estudio de los compuestos polifenólicos en especies forrajeras. Un enfoque histórico*. Zootecnia Trop., 23(3): 261-296.
- García, D. E.; Medina, M. G.; Humbría, J.; Domínguez, C. E.; Baldizán, A.; Cova, L. J. y Soca, M. 2006. *Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales*. Arch. Zootecnia, 55(212): 373-384.
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; González, M. E.; Medina, M. G. y Cova L. J. 2008a. *Caracterización de diez cultivares forrajeros de Leucaena leucocephala basada en la composición química y la degradabilidad ruminal*. Rev. MVZ (Córdoba) (en prensa).
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; Medina, M. G., González, M. E.; Noda, Y.; Cova, L. J. y Spengler, I. 2008b. *Evaluación de la calidad nutritiva de siete ecotipos de Leucaena macrophylla (Benth.) en un suelo ferralítico rojo lixiviado*. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 25(1): 43-67.
- García, D. E.; Wencomo, H. B.; González, M. E.; Medina, M. G.; Cova, L. J. y Spengler, I. 2008c. *Evaluación de diecinueve ecotipos de Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit basada en la calidad nutritiva del forraje*. Zootecnia Trop. 26(1): 1-10.
- Godoy, S.; Chicco, C. F.; Meschy, F. and Requena, F. 2005. *Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed Ingredients*. Interciencia, 30(1): 24-28.
- Hernández, A. 1999. *Clasificación genérica de los suelos de Cuba*. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 64 pp.
- Hidalgo, R. 2003. *Variabilidad genética y características de especies vegetales*. En: *Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos filogenéticos* (Franco, T. L. e Hidalgo, T. R. Eds.). Boletín técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Filogenéticos (IPGRI). Cali, Colombia. 89 pp.
- Hughes, C. E. and Harris, S. A. 1995. *Systematic of Leucaena; Recent findings and implications for breeding and conservation*. Proceeding of Workshop. Bogor, Indonesia. ACIAR Proceeding 57 p. 54-65.
- Jones, R. and Palmer, B. 2002. *Assessment of the condensed tannins concentration in a collection of Leucaena species using <sup>14</sup>C-labelled polyethylene glycol (PEG-4000)*. Tropical Grasslands, 36: 47-53.
- Machado, R. 2006. *Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas en suelos hidromórficos del humedal Ciénaga de Zapata. Establecimiento*. Pastos y Forrajes, 29(2): 155-167.
- Makkar, H. P. S.; Dawra, R. K. and Singh, B. 1988. *Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex*. J. Agric. Food Chem., 36: 523-525.
- Makkar, H. P. S. and Becker, K. 1994. *Isolation of tannins from trees and shrubs and their properties*. J. Agric Food Chem. 42:731-734.
- Makkar, H. P. S.; Goodchild, A. V; Abd-El-Monein, A. M. and Becker, K. 1996. *Cell-constituents, tannin levels by chemical and biological assays and nutritional value of some legume foliage and straws*. J. Sci. Food Agric. 71:129-136.
- Makkar, H. P. S. 2003. *Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 102 pp.
- Matsumoto, H. and Sherman, G. D. 1951. *A rapid colorimetric method for the determination of mimosine*. Arch. Biochem. Biophys, 33: 195-200.
- Mehrez, A. Z. and E. R. Ørskov. 1977. *A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen*. J. Agric. Sci. (Cambridge), 88: 645-649.
- Philippeau, G. 1986. *Comment interpréter les résultats d' une analyse en composants principales*. Service des Etudes Statistiques. ITCF. Lusignan, France 4 p.
- Pineda, M. 2004. *Resúmenes de fisiología vegetal*. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España. 204 pp.

- Stewart, J. L. and Dunsdon, A. J. 1998. *Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of Leucaena species*. Agroforestry Systems, 40: 177-198.
- Stewart, J. L.; Dunsdon, A. J.; Hellin, J. J. and Hughes, C. E. 1992. *Wood biomass estimation of Central American dry zone species*. Tropical Institute, University of Oxford, United Kingdom 83 pp.
- Van Soest, P.J.; Robertson, J. and Lewis, B. 1991. *Symposium: Carbohydrate, methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition*. J. Dairy Sci., 74:3583-3597.
- Visauta, B. 1998. *Análisis estadístico con SPSS para Windows*. En: Estadística Multivariante. Mc-Graw-Hill-Interamericana de España. Madrid, España. 200 pp.

Recibido: Noviembre 16, 2007

Aceptado: Marzo 8, 2008