

Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje

Danny E. García^{1,6*}, Hilda B. Wencomo², Miriam E. Gonzalez³, María G. Medina⁴,
Luis J. Cova³ e Iraida Spengler⁵

¹ Fundación para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología del estado Trujillo, Trujillo, estado Trujillo, Venezuela. *Correo electrónico: dagamar8@hotmail.com

² Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba

³ Universidad de los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel", Trujillo, estado Trujillo, Venezuela.

⁴ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental de Pampanito, Pampanito, estado Trujillo, Venezuela.

⁵ Universidad de la Habana, Facultad de Química, La Habana, Cuba

⁶ Nueva dirección: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Estación Experimental de Pampanito, Pampanito, estado Trujillo, Venezuela.

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento para evaluar, mediante el análisis de componentes principales (ACP) y de clasificación automática (ACA), las variaciones de la composición química e indicadores de valor nutritivo en el follaje de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit establecidas en Matanzas, Cuba. Se determinó la composición bromatológica, los niveles de metabolitos secundarios y la degradabilidad ruminal *in situ* de la MS, PC y FDN. Mediante el ACP se detectó una variabilidad discreta para los primeros tres componentes (48,87%). Los indicadores que explicaron mejor las variaciones entre las accesiones fueron los niveles de MS, PC, PV, FDN, FDA, FC, LDA, celulosa, Ca, cenizas, taninos condensados (TC) y degradabilidad de la MS. Sin embargo, la concentración de P, K, polifenoles totales, taninos precipitantes, fitatos, mimosina y la degradabilidad ruminal de la PC y FDN no constituyeron variables fidedignas para comparar las accesiones evaluadas en las condiciones experimentales. Mediante el ACA se identificaron cinco grupos con características distintivas entre sí. Aunque todas las accesiones presentaron buena composición química y valor nutritivo las accesiones de mejores resultados fueron CIAT-9438, CIAT-8069, CIAT-7985, CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929 y CIAT-937. Solamente los TC constituyen metabolitos secundarios con importancia comparativa.

Palabras clave: *Leucaena leucocephala*, forraje, composición química, valor nutritivo, metabolitos secundarios, taninos.

Evaluation of nineteen accessions of *Leucaena leucocephala* based in the nutritive quality of forage

ABSTRACT

An experiment was carried out in order to evaluate, using the main components (ACP) and automatic classification analysis (ACA), the chemical composition and nutritional value variations of nineteen accessions of *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit foliage in Matanzas, Cuba. Bromatological composition, secondary metabolites level and *in situ* ruminal degradability (DM, CP and NDF) were determined. A discreet variability for the first three components (48,87 %) were detected. The DM, CP, TP, NDF, ADF, CF, ADL, cellulose, Ca, ashes and condensed tannins (CT) levels and DM ruminal degradability explained the variability among the evaluate accessions. However, under experimental conditions the P, K, total polyphenols, precipitant tannins, phytates and mimosine

concentration, and CP and NDF ruminal degradability constitute marginal variables to compare the accessions. Using the ACA in dependence of the nutritional profile five groups with distinctive characteristic to each other were identified. The studied accessions differ fundamentally for their proximal composition and the CIAT-9438, CIAT-8069, CIAT-7985, CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929 y CIAT-937 accessions showed the best results. Only the CT constitutes the group of secondary metabolites with comparative importance.

Key words: *Leucaena leucocephala*, forage, chemical composition, nutritive value, secondary metabolites tannins, taninos

INTRODUCCIÓN

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit constituye la leguminosa de mejores resultados como arbórea de pastoreo-ramoneo en el trópico Latinoamericano, y en numerosas investigaciones se ha demostrado que constituye una forrajera excelente para mejorar la alimentación animal en bancos de proteína, sistemas asociados con gramíneas e intercalada con cultivos temporales (Clavero, 1998). Asimismo, su biomasa ha sido ampliamente utilizada como fuente suplementaria en pequeños y grandes rumiantes, y también en animales monogástricos por presentar aceptable composición química en términos de proteína y minerales (Simón, 1998). En la segunda mitad del siglo XX se han llevado a cabo investigaciones, en todos los campos de las ciencias agrícolas, para caracterizarla en diversas condiciones edafoclimáticas (Clavero, 1998).

En la actualidad se comercializan algunos cultivares de la especie tales como el Cunningham, CNIA-250 y Perú, los cuales han demostrado marcada superioridad en los sistemas silvopastoriles. No obstante, también se han producido y seleccionado muchas accesiones, ecotipos e híbridos con amplio margen de adaptación y buena producción de biomasa, de los cuales algunos no han sido evaluados agronómicamente (Machado, 2006).

En Venezuela se han desarrollado varias investigaciones para determinar, dentro de una gran cantidad de accesiones introducidas, cuales presentan mejor valor nutritivo (Razz *et al.*, 1992, Fariás, 1996), número de nódulos activos (Razz *et al.*, 1995), adaptabilidad, selectividad por animales y resistencia al insecto psílido (Dávila y Urbano, 1996; Espinoza *et al.*, 2003) y comportamiento durante la fase de establecimiento (Guevara y Guenni, 2004). Sin embargo, los trabajos encaminados a caracterizar la composición química y las potencialidades

nutricionales de estas accesiones han sido puntuales y no se han podido establecer criterios integrales para caracterizarlas. Investigaciones llevadas a cabo en especies de leucaena se ha informado que tres años de evaluación resulta el tiempo mínimo necesario para establecer criterios sólidos sobre las principales características química y de valor nutritivo en el género, dado la elevada variabilidad inter e intra específica que existe (Stewart y Dunsdon, 1998).

Por otra parte, según Hidalgo (2003) los métodos multivariados constituyen herramientas importantes para evaluar colecciones de especies vegetales, taxonómicamente relacionadas entre sí con potencial agropecuario, los cuales aportan informaciones medulares para dilucidar las características de poblaciones completas o las particularidades de individuos aislados; prescindiendo de los métodos estadísticos tradicionales los cuales resultan engorrosos cuando se utilizan en las evaluaciones muchos casos y variables (Olivera y Machado, 2004; Machado, 2006).

Considerando lo anteriormente planteado, el objetivo de esta investigación fue clasificar diecinueve accesiones de *L. leucocephala*, basado en las variaciones de la composición química y algunos indicadores de valor nutritivo del follaje, utilizando el análisis de componente principales (ACP) y de clasificación automática (ACA).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", perteneciente al municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba, ubicada geográficamente a los 20° 50' N y 79° 32' O, con una altitud de 19,9 msnm.

En el área experimental, el clima se caracteriza por presentar dos períodos anuales bien definidos; uno lluvioso (mayo-octubre) y otro poco

lluvioso de noviembre a abril para una precipitación promedio anual de 1.200 mm. La temperatura media es de 23,1°C, con una humedad relativa entre 60 y 70% durante el día y de 80-90% en la noche. En el Cuadro 1 se muestran algunos de los indicadores climatológicos más importantes durante el periodo experimental.

El experimento se llevó a cabo sobre un suelo de topografía plana y clasificado como ferralítico rojo lixiviado (tipo Húmico Nodular Ferruginoso Hidratado) de rápida desecación, arcilloso y profundo (Hernández, 1999). La fertilidad natural del suelo en el cual se sembraron las accesiones evaluadas se considera buena, el pH es ligeramente ácido a neutro (6,4 a 7,0), con contenido de bajo a moderado de materia orgánica (1,65 a 2,76%) y de mediana a alta concentración de nitrógeno total (Hernández, 1999).

Las accesiones de *L. leucocephala* fueron sembradas en julio de 1996, ocupando un área experimental de 0,75 ha. Se sembraron a una distancia de 6 x 3 m entre surcos y entre plantas respectivamente, en cinco parcelas simples distribuidas al azar con cuatro plantas de cada accesión por parcela. Después del año de establecimiento, a la plantación se le realizó un corte de homogenización a 1,5 m de altura, para posteriormente someterla a un régimen de cortes continuos cada 90 días a la misma altura. En el área no se realizaron aplicaciones de riego, fertilizantes ni de herbicidas.

Se evaluaron diecinueve accesiones de *L. leucocephala* pertenecientes al banco de germoplasma de la Estación. Estas accesiones fueron: CIAT-751, CIAT-871, CIAT-932, CIAT-937, CIAT-7384, CIAT-7884, CIAT-7929, CIAT-7985, CIAT-7988, CIAT-

8069, CIAT-8815, CIAT-9119, CIAT-9383, CIAT-9411, CIAT-9438, CIAT-9441, CIAT- 9442, CIAT-9993 y CIAT-17480.

Se evaluó la calidad de la biomasa por un periodo de tres años consecutivos (2000-2003), en los dos periodos representativos de Cuba. Los muestreos se realizaron en enero y julio para el periodo poco lluvioso y lluvioso, respectivamente. Las muestras de biomasa comestible de 90 días de edad (800 g de hojas y tallos tiernos con diámetros inferiores a 5 mm) fueron recolectadas seis veces durante el periodo evaluado. El material vegetal de cada planta se procesó de forma independiente, cada muestra de follaje constituyó una réplica. Para evitar la variabilidad, inducida por la metodología de colecta, siempre se tomó material vegetal de la región media, apical y basal de los árboles evitando los rebrotes más jóvenes, según lo recomendado por Stewart y Dunsdon (1998). Cada lote de biomasa se llevó de forma inmediata al laboratorio y fueron secados por cinco días a temperatura ambiente en ausencia de luz. Posteriormente se molieron hasta un tamaño de partícula de 1 mm y se colocaron en frascos ámbar de vidrio hermético hasta el momento del análisis (tiempo máximo de almacenamiento 25 días).

La determinación de todas las variables se realizó por triplicado, los contenidos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), 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 se determinaron mediante las metodologías clásicas de análisis propuestas por la AOAC (1990).

Cuadro 1. Condiciones climatológicas prevalecientes durante el período experimental†.

Indicador	Año		
	2000	2001	2002
Precipitación acumulada (mm)	1.054,50	1.664,50	1.293,20
Temperatura media (°C)	23,67	23,60	21,60
Humedad relativa (%)	81,60	81,40	81,18
Evaporación (mm)	5,30	5,07	5,09

† Datos obtenidos de la Estación Meteorológica "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se llevó a cabo mediante la reducción del ácido fosfomolibdico en presencia de carbonato de calcio y formación de compuestos coloreados con absorción intensa entre los 600 y 780 nm (Makkar, 2003), los taninos precipitantes (TPP) con el uso de proteína estandarizada (Makkar *et al.*, 1988) y los taninos condensados (TC) basado en el ensayo del nbutanol en medio clorhídrico (Porter *et al.*, 1986). Para la extracción y determinación del fósforo fítico (P fítico) se empleó el protocolo con hierro mediante modificaciones realizadas al método original propuesto por Early y Turk (1944). Los contenidos de mimosina se cuantificaron en el material fresco según la técnica tradicional propuesta por Matsumoto y Sherman (1951) con lectura en el espectro ultravioleta.

En la estimación de la degradabilidad *in situ* se empleó el tiempo de incubación de 48 h, evaluando cinco muestras por accesión. El experimento se llevó a cabo en periodos continuos de 15 días (siete de adaptación al consumo de cada accesión y ocho de mediciones). Las pruebas se realizaron en el siguiente orden: CIAT-7384, CIAT-7884, CIAT-7929, CIAT-7985, CIAT-9441, CIAT-17480, CIAT-7988, CIAT-8069, CIAT-8815, CIAT-9442, CIAT-9993, CIAT-9411, CIAT-751, CIAT-871, CIAT-9119, CIAT-9383, CIAT-932, CIAT-937 y CIAT-9438. La degradabilidad de cada indicador se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nylon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando dos bolsas (50 μ) por cada muestra y tres repeticiones, para un total de treinta incubaciones por accesión.

Aproximadamente 2,8 g de biomasa comestible fueron incubados en el rumen de tres ovinos Criollos (39,2 \pm 4,23 kg de peso vivo) con cánula permanente los cuales, antes de la incubación de cada tratamiento, fueron adaptados a consumir el forraje de las arbóreas por una semana, como suplemento de una dieta basal formada por heno *ad libitum* (*Cynodon nlemfluensis*), concentrado comercial (170 g/anim/d) y agua a voluntad. El consumo promedio de cada accesión durante el periodo de adaptación a la dieta fue de: 124, 112, 165, 178, 94, 148, 170, 104, 195, 98, 193, 102, 162, 172, 184, 183, 148, 155, 182 g MS/anim/d con relación al orden de las accesiones ensayadas en la prueba con animales.

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” para la obtención de las relaciones entre las variables (Philippeau, 1986). La agrupación de las accesiones, en dependencia de sus características, se realizó usando el ACA, a partir de la distancia euclidiana como criterio cuantitativo mediante el método de Ward.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación entre las variables nutricionales

En el Cuadro 2 se muestran los resultados obtenidos en el ACP para las variables cuantificadas. La varianza total extraída mediante el análisis fue discreta (48,9%) si se compara con la elevada variabilidad como resultado del ACP informada por García *et al.* (2006a,b), Gómez *et al.* (2006) y Machado (2006) en investigaciones donde se evaluaron las características nutricionales de variedades de morera (*Morus alba*), especies del género *Albizia* e indicadores morfoestructurales de leguminosas y gramíneas, respectivamente. En dichos estudios, las notables diferencias entre las accesiones, trajo consigo un elevado rango de variación expresado en la varianza total de los componentes formados, debido a que se estudiaron accesiones con características genotípicas y fenotípicas diferenciadas. Al respecto, Hidalgo (2003) informó la factibilidad de utilizar el porcentaje de varianza extraída, como indicador estadístico importante, para dilucidar con precisión cuales de las variables medidas resultan ser las más importantes para caracterizar especies o variedades en ensayos con recursos fitogenéticos.

En esta investigación donde se estudiaron solamente accesiones de *L. leucocephala* CIAT, quizás la poca varianza acumulada extraída en los tres primeros componentes, comparado con resultados de otras investigaciones, sugiere características genotípicas similares entre las accesiones, expresadas en las variables químicas más representativas del metabolismo de la especie.

El primer componente (CP 1) extrajo el 22,3% de la variabilidad total y las variables que explicaron mejor la varianza fueron la fracción nitrogenada (PC, PV), la fibrosa (FDN, FDA, FC, LDA, celulosa) y los contenidos de Ca y cenizas. Este resultado

Cuadro 2. Resultados del ACP y relación entre variables nutricionales en diecinueve accesiones de *L. leucocephala*.

Variables	Componente Principal		
	1	2	3
Materia seca	0,12	0,21	0,97
Proteína cruda	-0,94	0,33	-0,02
Proteína verdadera	-0,93	0,34	-0,01
Fibra detergente neutro	0,57	0,76	-0,09
Fibra detergente ácido	0,63	0,66	-0,18
Fibra cruda	0,67	0,68	-0,13
Lignina detergente ácido	0,63	0,66	-0,18
Celulosa	0,57	0,76	-0,09
Calcio	0,46	-0,27	-0,03
Fósforo	0,16	-0,21	-0,04
Potasio	-0,30	0,35	-0,13
Cenizas	0,53	0,18	0,16
Polifenoles totales	0,14	-0,33	0,35
Taninos precipitantes	0,21	0,25	-0,02
Taninos condensados	0,24	-0,30	0,58
Fósforo fítico	0,07	-0,27	-0,06
Mimosina	-0,11	-0,01	0,17
DMS†	0,16	-0,44	0,19
DPC‡	-0,01	0,19	0,09
DFDN§	-0,10	-0,27	0,15
Valor propio (λ)	4,45	3,68	1,64
Varianza (%)	22,25	18,41	8,21
Varianza acumulada (%)	22,25	40,66	48,87

† 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

enfatisa la mayor importancia de estas variables como indicadores bromatológicos comparativos entre las accesiones. Asimismo, ninguno de los metabolitos secundarios más representativos en el género *Leucaena*, se encontró relacionado en la CP 1. Aspecto que pone de manifiesto la poca relevancia de estos compuestos, en la caracterización fitoquímica de las accesiones de *L. leucocephala* CIAT evaluadas en las condiciones edafoclimáticas descritas en esta investigación.

Con respecto a la interrelación entre las variables, la fracción nitrogenada y la fibrosa se relacionaron negativamente; cuestión de gran significación nutricional, ya que los follajes más proteicos, en

sentido general, presentaron menor cantidad de pared celular. Dichos resultados describen la factibilidad de usar estos forrajes en la alimentación no solo de rumiantes, sino también de algunos monogástricos que requieren elevados niveles de proteínas y baja proporción de fibra en la ración (García *et al.*, 2005).

Desde el punto de vista biosintético la relación fuertemente inversa entre los coeficientes que caracterizaron los contenidos de proteínas y la fracción fibrosa, pudiera describir el antagonismo clásico que existe en la formación de proteína foliar y los compuestos mayoritarios de la pared celular (celulosa, hemicelulosa y lignina), aspecto que también ha sido

descrito en el follaje de otras especies en el proceso de envejecimiento de la biomasa (Pineda, 2004).

Los niveles de Ca y cenizas se relacionaron de forma positiva entre sí. Este resultado enfatiza que en las accesiones evaluadas este macroelemento es mayoritario y forma parte considerable del total de minerales presentes, aún cuando en otras especies y variedades de leucaena de uso intensivo para la alimentación animal los niveles de Ca son superiores a los cuantificados en estas accesiones.

La débil relación de los niveles de P, Ca y K con el contenido de P fítico en los componentes formados no refleja la correspondencia existente entre la cantidad de P total y P fítico informado en numerosos ingredientes (cereales y oleaginosas) empleados para la alimentación animal (Godoy *et al.*, 2005). Esto puede deberse a que las moléculas exacíclicas de fitatos presentes en las accesiones se encuentran en proporciones muy bajas, en comparación con los niveles de fitatos encontrados en las semillas de gramíneas y leguminosas y que tengan estructuras heterogéneas donde no se cumple la relación estequiométrica (6 átomos de carbono/6 átomos de P). De igual manera, se encuentran en forma acídica sin enlazar proporciones considerables de cationes o están ligados directamente a las proteínas, aminoácidos o carbohidratos (Garrett *et al.*, 2004; Godoy y Chicco, 2005).

El segundo componente (CP 2) extrajo el 18,4% de la varianza total y las variables con mayor relación en este eje fueron los compuestos de la pared celular y la degradabilidad *in situ* de la MS. Dichos resultados enfatizan que la estratificación de las accesiones, en cuanto a las diferencias nutritivas mayoritarias descritas en el CP 2, se basa en los contenidos de carbohidratos insolubles, la lignina y la degradabilidad de las MS, como indicador de valor nutritivo representativo.

La fracción fibrosa se relacionó de forma inversa con la degradabilidad de la MS. Es ampliamente conocida la incidencia negativa de los compuestos de la pared celular, fundamentalmente los polifenoles derivados de la lignina, en la degradación de los forrajes. Al respecto, Razz *et al.* (2004), comparando la degradación de la MS de *L. leucocephala* y *Panicum maximum* y García *et al.* (2006a,b), estudiando la biomasa de algunas especies representativas de los géneros *Albizia*, *Cassia* y *Pithecellobium*, informaron

una mayor degradabilidad inicial y efectiva de los forrajes con menores proporciones de compuestos lignocelulósicos.

El tercer componente (CP 3) explicó el 8,2% de la variabilidad y en su formación contribuyó solamente el contenido de MS y los niveles de TC, relacionados positivamente entre sí. Estos resultados demuestran que las accesiones más succulentas presentaron menores concentraciones de TC, aspecto beneficioso desde el enfoque nutricional (Makkar, 2003). Al respecto, Espinoza *et al.* (2003) al evaluar puntualmente la concentración de TC en cinco ecotipos de leucaena, incluyendo la CIAT-9438 estudiada en esta investigación, encontraron diferencias significativas a favor de ésta y la CIAT-17467 respecto al resto (CIAT-7984, CIAT-9443, CIAT-17492). Esta cuantificación presentó un rango de variación apreciable, además que en dicho estudio se empleó un método de cuantificación para TC ampliamente criticado en la literatura (Vainillina/HCl) que ocasiona, en muchos casos, interpretaciones nutricionales erróneas cuando los forrajes contienen metadifenoles (flavonoides) no asociados a taninos (Price *et al.*, 1978; Makkar, 2003; García y Medina, 2005). No obstante, los resultados obtenidos en ambos estudios describen que el nivel de TC constituye la variable antinutricional más fehaciente para comparar las accesiones evaluadas de la línea CIAT.

Adicionalmente, Farías (1996) al determinar el contenido de mimosina en diez accesiones de leucaena, incluyendo la CIAT-7985 objeto de este estudio, informó una baja variabilidad en las concentraciones inter-accesiones, aspecto corroborado en esta investigación; considerando que la concentración de mimosina no se encontró relacionada en ninguno de los ejes que agruparon la mayor variación.

Desde el punto de vista integral, en ninguno de los tres componentes formados se observó un nexo fuerte de los compuestos polifenólicos (FT, TPP, TC), los fitatos y la mimosina con la degradabilidad *in situ* de la MS, PC y FDN. Esto demuestra que la poca variabilidad entre los niveles de metabolitos secundarios presentes en las accesiones y las concentraciones relativamente bajas, no ocasionaron variaciones sustanciales en la degradación de las fracciones nutritivas (MS, PC, FDN) y que ninguno de estas variables diferencian las accesiones cuantitativamente.

Aunque los TC se encontraron relacionados en el CP 3, como único factor de variabilidad del metabolismo secundario entre las accesiones, en algunos estudios realizados con especies forrajeras se ha demostrado que cuando los TC presentan poca capacidad para precipitar proteínas (TPP), no causan daños en el sistema digestivo de los animales (Makkar *et al.*, 1988; Makkar *et al.*, 1991). Este aspecto pudo haber influido en los resultados de valor nutritivo, teniendo en cuenta que la relación TPP/TC en las accesiones fue intermedia ($0,58 \pm 0,09$). En el caso de las accesiones evaluadas, quizás las concentraciones relativamente intermedias de TC y la poca cantidad de polifenoles con capacidad de precipitación constituyeron los aspectos esenciales por el cual no se afectó cuantiosamente la degradabilidad ruminal en ninguno de los casos.

Distribución grupal de acuerdo al perfil nutritivo

Considerando los resultados obtenidos en el ACA, en el Cuadro 3 se muestra la agrupación de los accesiones en dependencia de sus características nutricionales. Las accesiones se dividieron en cinco grupos con características diferenciadas entre sí. El grupo I estuvo integrado por las accesiones CIAT-9383, CIAT-8815, CIAT-9442, CIAT-751, CIAT-9441 y CIAT-17480. Estas se distinguieron del resto por presentar concentraciones intermedias de proteínas y fibra, pero considerables niveles de P y FT y mayor DPC.

El grupo II, conformado por las accesiones CIAT-871, CIAT-7884, CIAT-932, CIAT-7988 y CIAT-9411, se caracterizó por presentar elevada proporción de Ca, cenizas y mayor DMS.

El grupo III estuvo integrado por las accesiones CIAT-9438, CIAT-8069 y CIAT-7985. Esta agrupación presentó la composición nutricional más sobresaliente

con elevados contenidos de MS y DPC, considerando el rango de variabilidad de los indicadores medidos en todos los casos.

El grupo IV lo conformaron las accesiones CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929 y CIAT-937. Estas, aunque exhibieron un comportamiento similar a las del grupo III, se destacaron por su mayor contenido de TC, fracción proteica y DMS.

El grupo V, integrado por la accesión CIAT-7384, se caracterizó por presentar más compuestos proteicos, pero mayor fracción fibrosa que el resto.

En el Cuadro 4 se muestra la media grupal de las accesiones en cuanto a sus principales características químicas y de degradación. En sentido general, las accesiones de los grupos III y IV presentaron mejor composición nutricional que las pertenecientes a los grupos I, II y V. Considerando la contribución positiva a la formación de los grupos, las accesiones CIAT-9438, CIAT-8069, CIAT-7985, CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929 y CIAT-937 presentaron los mejores resultados en cuanto a la composición química y el perfil de degradación ruminal.

Las accesiones CIAT-9383, CIAT-8815, CIAT-9442, CIAT-751, CIAT-9441, CIAT-17480, CIAT-871, CIAT-7884, CIAT-932, CIAT-7988 y CIAT-9411 presentaron composición nutricional promedio, desde el punto de vista comparativo; mientras que la CIAT-7384 exhibió integralmente los peores resultados, aún cuando presentó elevada concentración de proteínas.

No obstante, en todos los casos las diferencias químicas encontradas, probablemente se encuentran relacionadas con las características particulares del metabolismo primario y secundario de cada accesión, cuya causa son las modulaciones del genotipo en su interacción con el ambiente (Pineda, 2004); ya que todas se encontraban establecidas en las mismas

Cuadro 3 Distribución de accesiones de *L. leucocephala* según sus características nutritivas a partir del ACA.

Grupo	Accesión
I	CIAT-9383, CIAT-8815, CIAT-9442, CIAT-751, CIAT-9441, CIAT-17480
II	CIAT-871, CIAT-7884, CIAT-932, CIAT-7988, CIAT-9411
III	CIAT-9438, CIAT-8069, CIAT-7985
IV	CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929, CIAT-937
V	CIAT-7384

Cuadro 4. Media grupal de las variables medidas en el follaje de diecinueve accesiones de *L. leucocephala*.

Variable	Grupo					Media
	I	II	III	IV	V	
Materia seca	20,63	23,06	26,03	21,80	21,60	22,62
Proteína cruda	25,51	23,45	26,67	28,89	27,27	26,36
Proteína verdadera	18,38	16,32	19,53	22,18	20,14	19,31
Fibra detergente neutro	45,03	45,89	42,86	45,16	49,37	45,66
Fibra detergente ácido	36,22	27,68	34,53	35,62	37,36	34,28
Fibra cruda	18,20	19,36	16,21	18,40	22,17	18,87
Lignina detergente ácido	9,49	10,95	7,80	8,89	13,76	10,18
Celulosa	10,09	10,95	7,92	10,23	14,43	10,72
Calcio	1,91	2,25	1,95	1,70	1,74	1,91
Fósforo	0,23	0,20	0,20	0,16	0,19	0,20
Potasio	2,16	2,21	2,21	1,96	2,50	2,21
Cenizas	7,78	8,62	7,74	6,36	8,77	7,85
Polifenoles totales	3,64	2,98	3,33	2,94	3,32	3,24
Taninos precipitantes	2,56	2,68	2,71	2,62	2,94	2,70
Taninos condensados	4,55	4,38	4,35	4,79	4,37	4,49
Fósforo fítico	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04
Mimosina	3,04	3,07	3,04	3,04	3,10	3,06
DMS†	60,18	60,23	59,23	60,18	54,85	58,93
DPC	58,82	57,76	57,37	58,82	57,48	58,05
DFDN	43,43	42,72	43,51	43,43	42,82	43,18
Contribución positiva (%)	60	55	75	65	30	

† DMS, DPC y DFDN: Definidas en Cuadro 2.

condiciones experimentales y fueron sometidas al mismo manejo agronómico; factores que no pudieron influir en los resultados numéricos.

Aún cuando las accesiones estudiadas se diferenciaron en términos de la composición química, el follaje de todas puede utilizarse como fuente suplementaria de proteínas y otros nutrimentos en la alimentación animal.

CONCLUSIONES

Todas las accesiones evaluadas de *L. leucocephala* presentan aceptable composición nutricional para ser usadas como alimento suplementario, aunque se pueden diferenciar fundamentalmente en los contenidos de proteína, fracción fibrosa, Ca, cenizas, y como variables secundarias la degradabilidad ruminal de la MS y los niveles de TC. No obstante, las accesiones de mejor composición nutritiva son

la CIAT-9438, CIAT-8069, CIAT-7985, CIAT-9119, CIAT-9993, CIAT-7929 y CIAT-937. Entre las accesiones evaluadas los niveles de P, K, FT, TPP, mimosina y degradabilidad de la PC y FDN no presentaron variaciones apreciables, por lo que no constituyen variables relevantes para comparar las accesiones en las condiciones descritas.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15^{ta} ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C., USA.
- 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.

- Dávila C. y D. Urbano. 1996. Evaluación de ecotipos de leucaena (*Leucaena leucocephala*) bajo corte en el Sur del Lago de Maracaibo. Rev. Fac. Agron. LUZ, 13: 539-550.
- Early E.B. y E.E. Turk. 1944. Time and rate of synthesis of phytin in corn grain during the reproductive period. J. Anim. Sci. Agron., 36: 803-808.
- Espinoza F., Y. Díaz, F. Requena, C. Araque, E. Perdomo y L. León. 2003. Selectividad, composición química y resistencia al psílido en accesiones de *Leucaena leucocephala*. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 11(3): 149-156.
- Farías J. 1996. Evaluación de accesiones de *Leucaena leucocephala* a pastoreo en el bosque seco tropical II. Valor nutritivo. Rev. Fac. Agron. LUZ, 13: 179-190.
- García D.E. y M.G. Medina. 2005. Metodologías para el estudio de los compuestos polifenólicos en especies forrajeras. Un enfoque histórico. Zootecnia Trop., 23(2): 261-296.
- García D.E., M.G. Medina, M. Soca e I.L. Montejo. 2005. Toxicidad de leguminosas forrajeras en la alimentación de los animales monogástricos. Pastos y Forrajes, 28(4): 279-289.
- García D.E., M.G. Medina y F. Ojeda. 2006a. Efecto de la fertilización en las variaciones fitoquímicas y su repercusión antinutricional en cuatro variedades de morera. Pastos y Forrajes, 29(1): 71-81.
- García D.E., M.G. Medina, F. Ojeda, J. Humbría, C.E. Domínguez, A. Baldizán y O. Toral. 2006b. Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. Pastos y Forrajes, 29(4): 231-241.
- García D.E., M.G. Medina, J. Humbría, C.E. Domínguez, A. Baldizán, L.J. Cova y M. Soca. 2006c. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. Arch. Zootecnia, 55(212): 373-384.
- Garrett J.B., A.K. Keith, E. O'Donoghue, J. Kerovuo, W. Kim, N.R. Barton, G.P. Hazlewood, J.M. Short, D.E. Robertson y K.A. Gray. 2004. Enhancing the thermal tolerance and gastric performance of a microbial phytase for use as a phosphate-mobilizing monogastric-feed supplement. Appl. Environ. Microbiol., 70(5): 3041-3046.
- Godoy S. y C.F. Chicco. 2005. Fósforo fitico y fitasa en la alimentación de aves. Ceniap Hoy, Disponible en línea: http://www.ceniap.gov.ve/ceniaphoy/articulos/n8/arti_godoy_s/godoy_s.htm. (Consulta: 02/08/07).
- Godoy S., C.F. Chicco, F. Meschy y F. Requena. 2005. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. Interciencia, 30(1): 24-28.
- Gómez I., A. Espinoza e Y. Olivera. 2006. Selección de accesiones de leguminosas forrajeras en el Valle del Cauto. Pastos y Forrajes, 29(3): 237-246.
- Guevara E. y O. Guenni. 2004. Acumulación y distribución de biomasa de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, durante la fase de establecimiento. I. Repartición de biomasa. Zootecnia Trop., 22(2): 147-156.
- Hernández A. 1999. Clasificación genérica de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Hidalgo R. 2003. Variabilidad genética y características de especies vegetales. En Franco T.L. y T.R. Hidalgo (Eds). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. Boletín Técnico No. 8. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. pp.3-7.
- 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. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Makkar H.P.S., B. Singh y R.K. Dawra. 1991. Tannin levels in the leaves of some oak species at different stage of maturity. J. Agric. Food Agric., 54: 513-519.

- 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.
- Matsumoto H. y G.D. Sherman. 1951. A rapid colorimetric method for the determination of mimosine. *Arch. Biochem. Biophys.*, 33: 195-200.
- Mehrez A.Z. y 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.
- Olivera Y. y R. Machado. 2004. Evaluación de especies del género *Brachiaria* en suelos ácidos e infértiles durante la época de mínimas precipitaciones. *Pastos y Forrajes*, 27(3): 225-233.
- Philippeau G. 1986. Comment interpréter les résultats d' une analyse in composants principales. Service des Etudes Statistiques. ITCF. Lusignan, Francia.
- Pineda M. 2004. Resúmenes de Fisiología Vegetal. Servicios de publicaciones de la Universidad de Córdoba, Córdoba, España.
- Porter I.J., I.N. Hrstich y B.G. Chan. 1986. The conversión of procyanidins and prodelphinidins to cyanidin and delphinidin. *Phytochemistry*, 25: 223- 230.
- Price M., S. Van Scoyoc y L.G. Butler. 1978. A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannins in sorghum grain. *J. Agric. Food Chem.*, 26: 1214-1218.
- Razz R, T. Clavero y J. Vergara. 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Rev. Cien. Fac. Cien. Vet. LUZ*, 14(5): 424-430.
- Razz R., R. Gonzáles, J. Farías, D. Esparza y N. Faría. 1992. Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el valor nutritivo de la *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.. *Rev. Fac. Agron. LUZ*, 9: 109-114.
- Razz R., T. Clavero, J.J. Pérez, L. Gonzáles y J. Giurandeta. 1995. Efecto de la fertilización con N y P sobre la nodulación de 2 ecotipos de *Leucaena leucocephala*. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 12: 187-192.
- 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.
- Stewart J.L. y A.J. Dunsdon. 1998. Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agrofor. Sys.*, 40: 177-198.
- Visauta B. 1998. *Análisis Estadístico con SPSS para Windows*. Mc-Graw-Hill-Interamericana. Madrid, España.