

Caracterización de la calidad nutritiva de 53 accesiones del género *Leucaena* en condiciones tropicales

Characterization of the nutritional quality of 53 accessions from the *Leucaena* genus under tropical conditions

D.E. García¹, Hilda B. Wencomo², María G. Medina¹, P. Moratinos y L.J. Cova³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Pampanito, Estado Trujillo, Venezuela
E-mail: dagamar8@hotmail.com

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

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

Resumen

Mediante el análisis descriptivo, de componentes principales y de clasificación automática (ACA), se llevó a cabo un experimento para caracterizar la composición nutricional del follaje de 53 accesiones del género *Leucaena* (37 *L. leucocephala*, 7 *L. macrophylla*, 5 *L. lanceolata*, 2 *L. diversifolia*, 1 *L. glauca* y 1 *L. esculenta*) establecidas en Matanzas, Cuba. Se determinó la composición química, los niveles de metabolitos secundarios y la degradabilidad ruminal. En general, las accesiones presentaron excelente composición química para ser utilizadas como suplemento en la alimentación de rumiantes (PC: 25,71 ±3,94%; FDN: 46,91 ±2,09%; Cenizas: 7,48 ±0,96%; DMS: 60,24 ±9,90%). Los indicadores que explicaron mejor las variaciones entre las accesiones fueron los componentes de la fracción fibrosa y la polifenólica, la concentración de mimosina y la degradabilidad ruminal. Sin embargo, la fracción proteica, los niveles de materia seca, de fitatos, minerales y las cenizas presentaron pocas fluctuaciones. Mediante el ACA se identificaron tres grupos con características nutricionales diferenciadas entre sí. Las accesiones de *L. macrophylla*, *L. diversifolia* y *L. esculenta* presentaron mayor concentración de metabolitos secundarios y menor degradabilidad ruminal que las pertenecientes a *L. leucocephala*, *L. lanceolata* y *L. glauca*, las cuales mostraron los mejores resultados. La degradación de la MS, PC y FDN se vio afectada por los contenidos de fibra, polifenoles totales, taninos precipitantes y taninos condensados.

Palabras clave: Calidad, metabolitos, *Leucaena*

Abstract

Through the descriptive analysis, main component analysis and automatic classification, a trial was conducted to characterize the nutritional composition of the foliage of 53 accessions from the *Leucaena* genus (37 *L. leucocephala*, 7 *L. macrophylla*, 5 *L. lanceolata*, 2 *L. diversifolia*, 1 *L. glauca* and 1 *L. esculenta*) established in Matanzas, Cuba. The chemical composition, levels of secondary metabolites and ruminal degradability were determined. In general, the accessions showed excellent chemical composition to be used as supplement in ruminant feeding (CP: 25,71 ±3,94%; NDF: 46,91±2,09; Ash: 7,48 ± 0,96%; DMD: 60,24 ± 9,90%). The indicators that better accounted for the variations between accessions were the components of the fibrous and polyphenolic fraction, mimosine concentration and ruminal degradability. However, protein fraction, dry matter and phytate rates, minerals and ash showed little fluctuation. By means of the ACA three groups were identified with differentiated nutritional characteristics among themselves. The accessions of *L. macrophylla*, *L. diversifolia* and *L. esculenta* showed higher concentration of secondary metabolites and lower ruminal degradability than the ones belonging to *L. leucocephala*, *L. lanceolata* and *L. glauca*, which showed the best results. DM, CP and NDF degradation was affected by fiber, total polyphenol, precipitable tannin and condensed tannin contents.

Key words: Quality, metabolites, *Leucaena*

Introducción

En los países latinoamericanos las especies del género *Leucaena* son las más utilizadas para la alimentación de los rumiantes en las áreas de pastoreo-ramoneo, los bancos de proteínas y los sistemas de corte y acarreo, debido fundamentalmente a su rápida adaptación a condiciones contrastantes de clima y suelo, sobresaliente composición nutricional, además de presentar buena persistencia al pastoreo (Clavero, 1998).

Considerando la amplia base de germoplasma del género en América Latina y la apremiante necesidad de caracterizar especies que provean al ganado de alimento suplementario con elevados contenidos de proteínas y minerales, sobre todo en el período de menor disponibilidad de pastos, en los últimos años se han realizado numerosos estudios con accesiones de *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., e incluso, se ha llegado a caracterizar las potencialidades nutritivas de otras integrantes del género.

No obstante, la mayoría de los estudios se han desarrollado en períodos de evaluación cortos o se ha estudiado un número restringido de variables, con las cuales no se ha podido caracterizar, de forma integral, las especies de mejores perspectivas agronómicas, nutricionales y de mayor aceptabilidad por parte de los animales (Stewart y Dunsdon, 1998).

Adicionalmente, los métodos multivariados constituyen una herramienta imprescindible para evaluar, de forma concisa, la variabilidad dentro de las colecciones con potencial forrajero (Hidalgo, 2003). Mediante estos análisis se pueden determinar las particularidades de grupos de individuos con comportamientos sobresalientes, prescindiendo del uso de análisis estadísticos rutinarios que no brindan información sobre las potencialidades interespecíficas de forma integrada (Hidalgo, 2003).

Teniendo en cuenta que aún existen muchas accesiones de *Leucaena* en el área tropical de las cuales no se conocen las potencialidades nutritivas de su biomasa, el objetivo de esta investigación fue caracterizar el follaje de 53 accesiones de este género, basado en las

Introduction

In Latin American countries, the species of the *Leucaena* genus are the most used for feeding ruminants in grazing-browsing areas, protein banks and cut-and-carry systems, mainly because of their quick adaptation to different climate and soil conditions, outstanding nutritional composition, in addition to showing good persistence under grazing conditions (Clavero, 1998).

Considering the wide germplasm base of the genus in Latin America and the urgent need to characterize species that provide livestock with supplementary feed of high protein and mineral contents, especially in the period with lower availability of pastures, in recent years many studies have been conducted with accessions of *Leucaena leucocephala* Lam. De Wit. and even the nutritional potential of other members of the genus has been characterized.

Nevertheless, most studies have been developed in short evaluation periods or a restricted number of variables has been studied, with which the species of better agronomic and nutritional perspectives and higher acceptability by the animals have not been characterized integrally (Stewart and Dunsdon, 1998).

In addition, multivariate methods are an essential tool to evaluate, concisely, variability within collections with forage potential (Hidalgo, 2003). By means of these analyses the particularities of groups of individuals with outstanding performance can be determined, avoiding the use of customary statistical analyses which do not provide integral information about interspecific potential (Hidalgo, 2003).

Taking into consideration that there still are many *Leucaena* accessions in the tropical area of which the nutritional potential of their biomass is unknown, the objective of this research was to characterize the foliage of 53 accessions from this genus, based on the variations of nutritional composition using descriptive analysis (DA), main component analysis (MCA) and automatic classification (ACA).

variaciones de la composición nutricional utilizando el análisis descriptivo (AD), el de componentes principales (ACP) y el de clasificación automática (ACA).

Materiales y Métodos

Ubicación y características del área de muestreo

La investigación se realizó en terrenos de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", perteneciente al municipio Perico, provincia Matanzas, Cuba, ubicada a 20° 50' de latitud Norte y 79° 32' de longitud Oeste, a una altitud de 19,9 msnm.

Las accesiones objeto de estudio fueron plantadas sobre un suelo Ferralítico Rojo lixiviado (tipo Húmico nodular ferruginoso hidratado) de rápida desecación. La fertilidad natural se considera buena, con un pH ligeramente ácido (6,4) a neutro (7,3) y presenta un contenido bajo a medio de materia orgánica (Hernández *et al.* 1999).

El régimen de lluvias se enmarca en dos períodos anuales: uno lluvioso entre mayo y octubre, y otro seco que abarca desde noviembre a abril. La temperatura oscila entre 16,2 y 28,5°C, con una humedad relativa elevada (60-70 %).

Siembra y establecimiento de las accesiones

Las accesiones de leucaena se sembraron en julio de 1996 en un área experimental de 0,75 ha, en cinco parcelas simples distribuidas al azar (cuatro plantas de cada acesión). La distancia de siembra fue de 6 x 3 m.

Después del año de establecimiento, a la plantación se le realizó un corte de homogenización a 1,5 m sobre el nivel del suelo, para posteriormente someterla a un régimen de cortes continuos cada 90 días a la misma altura. En el área no se aplicó riego, fertilización ni herbicidas.

Accesiones evaluadas

Se estudiaron cincuenta y tres accesiones de leucaena pertenecientes a la colección de la EEPFIH. Estas fueron: *L. leucocephala* (cv. Cunningham, cv. CNIA-250, cv. Ipil-Ipil, cv. Perú, K-8, K-28, K-67, 7, cv. México, cv. América, CIAT-751, CIAT-871, CIAT-932, CIAT-937,

Materials and Methods

Location and characteristics of the sampling area

The trial was carried out in areas of the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey", belonging to the Perico municipality, Matanzas province, Cuba, located at 20° 50' latitude North and 79° 32' longitude West, at an altitude of 19,9 m above sea level.

The accessions under study were planted on a lixiviated Ferralitic Red soil (hydrated ferruginous nodular Humic type) of rapid desiccation. Natural fertility is considered good with slightly acid (6,4) to neutral (7,3) pH and it shows low to moderate organic matter content (Hernández *et al.*, 1999).

Rainfall regime is comprised in two annual periods: a rainy season between May and October and a dry one from November to April. Temperature oscillates between 16,2 and 28,5°C, with high relative humidity (60-70%).

Planting and establishment of the accessions

The leucaena accessions were planted on in July, 1996, in an experimental area of 0,75 ha, in five randomly distributed simple plots (four plants of each accession). The planting distance was 6 x 3 m.

After one year of establishment, a homogenization cutting was performed on the plantation at 1,5 m over the soil level, to subject it afterwards to a regime of continuous prunings every 90 days at the same height. No irrigation, fertilization or herbicides were applied in the area.

Evaluated accessions

Fifty three leucaena accessions belonging to the collection of the EEPFIH were studied. They were: *L. leucocephala* (cv. Cunningham, cv. CNIA-250, cv. Ipil-Ipil, cv. Perú, K-8, K-28, K-67, 7, cv. Mexico, cv. America, 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, CIAT-17480, LPIII-187, IH-164, IH-

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, CIAT-17480, LPIII-187, IH-164, IH-449, IH-1069, IH-1140, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219), *L. macrophylla* (CIAT-17231, CIAT-17233, CIAT-17237, CIAT-17240, CIAT-17241, CIAT-17243 y CIAT-17245), *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*.

Período de evaluación

Se evaluó la calidad de la biomasa por un período de tres años consecutivos (2000-2003). Se realizaron dos muestreos anuales, uno en cada época: el de la seca en enero y el de la lluvia en julio.

En esta investigación no se incluyó la evaluación del efecto de la época, ya que en investigaciones previas se demostró el efecto marginal de los períodos climáticos en las variables más representativas de la calidad nutricional de esta colección (García, 2009).

Recolección y preparación del material vegetal

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 período evaluado. El material vegetal de cada planta se procesó de forma independiente y 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) en evaluaciones similares realizadas en numerosas accesiones de leucaena. 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 hasta el momento del análisis.

449, IH-1069, IH-1140, Ecotec, IRI-3164, IRI-3219), *L. macrophylla* (CIAT-17231, CIAT-17233, CIAT-17237, CIAT-17240, CIAT-17241, CIAT-17243 and CIAT-17245), *L. lanceolata* (CIAT-17223, CIAT-17501, CIAT-17252, CIAT-17255, CIAT-17256), *L. diversifolia* (CIAT-17270, CIAT-17485), *L. esculenta* (CIAT-17225) and *L. glauca*.

Evaluation period

The biomass quality was evaluated for three consecutive years (2000-2003). Two annual samplings were conducted, one per season: the one of the dry season in January and the one of the rainy season in July.

In this research the evaluation of the season effect was not included, because the marginal effect of the climatic periods on the most representative variables of the nutritional quality of this collection had been proven in previous studies (García, 2009).

Collection and preparation of the plant material

The samples of 90-day-old edible biomass (800 g of leaves and fresh stems with diameters lower than 5 mm) were collected six times during the evaluated period. The plant material from each tree was processed independently and each foliage sample constituted a replication. In order to avoid the variability induced by the collection methodology, plant material was always taken from the mid, apical and basal region of the trees, avoiding the youngest regrowths, according to the recommendations made by Stewart and Dunsdon (1998) in similar evaluations carried out in numerous accessions of leucaena. Each biomass lot was taken immediately to the laboratory and they were dried for five days at ambient temperature in absence of light. Afterwards, they were ground to a particle size of 1 mm and placed in amber flasks until the moment of analysis.

Analytical measurements

The contents of dry matter (DM), crude protein (CP), true protein (TP), neutral detergent

Mediciones analíticas

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 propuestas por la AOAC (1990).

La cuantificación de los polifenoles totales (FT) se realizó 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 *n*-butanol, mediante las modificaciones propuestas para la cuantificación de proantocianidinas en el follaje de especies de *Leucaena* (Dalzell y Kerven, 1998; Dalzell, 2000). El fósforo fitico (P. fitico) se determinó a través de las modificaciones realizadas al método original propuesto por Early y Turk (1944). Los contenidos de mimosina se cuantificaron mediante el desarrollo de color (Matsumoto y Sherman, 1951).

En la estimación de la degradabilidad *in situ* de la MS (DMS), degradabilidad *in situ* de la PC (DPC) y degradabilidad *in situ* de la FDN (DFDN) se utilizó 48 h como tiempo de incubación. Se evaluaron cinco muestras por accesión. El experimento se llevó a cabo en períodos continuos de 15 días.

La degradabilidad se estimó mediante el procedimiento de las bolsas de nailon en rumen (Mehrez y Ørskov, 1977), empleando dos bolsas por cada muestra y tres repeticiones, para un total de 30 incubaciones por accesión.

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; antes y durante de la incubación de cada tratamiento, estos fueron adaptados a consumir una dieta constante formada por heno *ad libitum* (*Cynodon nlemfluensis*), 170 g de concentrado comercial por animal por día (PC: 18,5%, FDN: 65,3%; cenizas: 5,9%) y agua a voluntad.

fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), crude fiber (CF), acid detergent lignin (ADL), cellulose, calcium (Ca), phosphorus (P), potassium (K) and ash were determined through the methodologies proposed by the AOAC (1990).

The quantification of total polyphenols (TPh) was made by the Folin-Ciocalteu method (Makkar, 2003); precipitable tannins (PPT) were determined using albumin of bovine serum (Makkar *et al.*, 1988), and the condensed tannins (CT) based on the assay of *n*-butanol, by means of the modifications proposed for the quantification of proanthocyanidins in the foliage of *Leucaena* species (Dalzell and Kerven, 1998; Dalzell, 2000). Phytic phosphorus (phytic P.) was determined by the modifications made on the original method proposed by Early and Turk (1944). The mimosine contents were quantified through color development (Matsumoto and Sherman, 1951).

In the estimation of *in situ* DM degradability (DMD), *in situ* CP degradability (CPD) and *in situ* NDF degradability (NDFD) the incubation time was 48 h. Five samples per accession were evaluated. The trial was conducted in continuous 15-day periods.

Degradability was estimated through the procedure of nylon bags in rumen (Mehrez and Ørskov, 1977), using two bags per sample and three repetitions, for a total of 30 incubations per accession.

About 2,5 g of edible biomass were incubated in the rumen of three Creole sheep (38,2 ± 3,32 kg live weight) with permanent cannula; before and during the incubation of each treatment, they were adapted to eat a constant diet formed by hay *ad libitum* (*Cynodon nlemfluensis*), 170 g of commercial concentrate per animal per day (CP: 18,5%; NDF: 65,3 %; ash: 5,9%) and water at will.

Experimental design, treatments and statistical methods

A completely randomized design was used in which the quantity of replications was

Diseño experimental, tratamientos y métodos estadísticos

Se empleó un diseño totalmente aleatorizado donde la cantidad de réplicas fue dependiente de cada variable, y las accesiones evaluadas constituyeron los tratamientos.

En 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 empleó la opción Data Reduction y mediante la matriz de covarianza se obtuvieron las relaciones entre las variables (Philippeau, 1986). En el ACA se utilizó el método de Ward y la distancia Euclidiana como medida cuantitativa de diferenciación entre los casos.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se muestran los resultados del AD para la composición química y el valor nutritivo. De acuerdo con sus valores medios y el rango de variación, en sentido general la colec-

independent from each variable, and the evaluated accessions constituted the treatments.

In the information processing the statistical pack SPSS version 10.0 for Windows® (Visauta, 1998) was used. The MCA was performed using the Data Reduction option and by means of the covariance matrix the relationships between variables were obtained (Philippeau, 1986). In the ACA Ward method and Euclidian distance were used as quantitative differentiation measure between cases.

Results and Discussion

Table 1 shows the results of the DA for the chemical composition and nutritional value. According to their mean values and variation range, in general the collection studied showed high protein concentrations and ash proportion, as well as high ruminal degradability, although the phosphorus contents are considered low. This last result coincides with the reports in

Tabla 1. Valores generales que describen la composición nutritiva (%) de 53 accesiones de *Leucaena*.

Table 1. General values that describe the nutritional composition (%) of 53 *Leucaena* accessions.

Variable	Media	Desviación estándar
Materia seca	23,71	3,06
Proteína cruda	25,71	3,94
Proteína verdadera	18,96	3,47
FDN	46,91	6,9
FDA	26,35	4,8
FC	18,48	3,5
LDA	10,44	2,21
Celulosa	11,46	2,54
Calcio	1,89	0,38
Fósforo	0,20	0,03
Potasio	2,19	0,37
Cenizas	7,48	0,96
Polifenoles totales	4,20	1,26
Taninos precipitantes	2,67	1,27
Taninos condensados	3,78	1,68
P. fítico	0,07	0,05
Mimosina	2,89	1,30
DMS	60,24	19,90
DPC	57,83	5,26
DFDN	44,67	6,65

N=53

ción en estudio se caracterizó por presentar elevadas concentraciones de proteína y proporción de cenizas, así como una degradabilidad ruminal alta, aun cuando los contenidos de fósforo se consideran bajos. Este último resultado coincide con lo informado en evaluaciones de forrajes tropicales, ya que este macroelemento se encuentra en déficit en la mayoría de los follajes de árboles y arbustos tropicales, que sirven para la alimentación de los rumiantes (Baldizán, 2003).

El contenido promedio de polifenoles y TC fue inferior a la concentración mínima informada por Makkar (2003) en la cual se comienza a afectar la fermentación en el rumen (FT: 4,2% y TC: 6,0%). No obstante, este resultado no es extrapolable a todas las condiciones experimentales y especies vegetales, ya que depende de la estructura química de los compuestos, su actividad biológica, el método por el cual se cuantifican y el medio biológico en que se evalúan (Dalzell, 2000).

El contenido de TPP se encuentra en el orden en que la precipitación de proteínas, por parte de los taninos, afecta cuantiosamente la actividad de la flora ruminal (2,2%) (Makkar, 2003); por ello esta variable podría ser una de las más importantes en la discriminación del perfil fitoquímico de estos forrajes, considerando que los valores de TC, por sí solos, no constituyen indicadores precisos para la caracterización antinutricional de los follajes (García *et al.*, 2006).

El nivel de P. fítico de la biomasa fue extremadamente bajo, lo cual coincide con cuantificaciones realizadas en el forraje de accesiones de *Leucaena* (García *et al.*, 2008). Este metabolito es típico en los granos y las oleaginosas utilizados en la alimentación animal, donde se encuentra en elevadas concentraciones (0,2-2,4%) y desempeña funciones ecofisiológicas importantes. No obstante, también es conocido que mediante los procesos de movilización puede estar presente en el follaje, aunque en concentraciones mucho más bajas, como las informadas por Galindo *et al.* (2005) en el forraje de *Gliricidia sepium*. En las biomásas analizadas, donde solo se encontró como metabolito traza, este compuesto no constituye un factor

evaluaciones de forrajes tropicales, porque este macroelemento es lacking in most tropical tree and shrub foliages, which are used for ruminant feeding (Baldizán, 2003).

The average polyphenol and CT content was lower than the minimum concentration reported by Makkar (2003), in which fermentation in rumen begins to be affected (TPh: 4,2% and CT: 6,0%). However, this result can not be extrapolated to other experimental conditions and plant species, because it depends on the chemical structure of compounds, their biological activity, the method by which they are quantified and the biological means in which they are evaluated (Dalzell, 2000).

The PPT content is in the range in which protein precipitation, by tannins, highly affects the activity of the ruminal flora (2,2%) (Makkar, 2003); for such reason this variable could be one of the most important in the discrimination of the phytochemical profile of these forages, considering that the CT values, on their own, do not constitute accurate indicators for the antinutritional characterization of foliages (García *et al.*, 2006).

The rate of phytic P. of the biomass was extremely low, which coincides with quantifications made in the forage of *Leucaena* accessions (García *et al.*, 2008). This metabolite is typical in grains and oily seeds used in animal feeding, where it is found in high concentrations (0,2-2,4%) and plays important ecophysiological roles. Nevertheless, it is also known that through mobilization processes it can be present in the foliage, although in much lower concentrations, as the ones reported by Galindo *et al.* (2005) in the foliage of *Gliricidia sepium*. In the analyzed biomasses, in which it was only found as trace metabolite, this compound is not a potential deleterious factor in the digestive physiology of ruminants.

On the other hand, although mimosine is considered the most relevant toxic in *Leucaena* species, the average concentration of this non protein aminoacid was low, as compared to the results of other collections cultivated under tropical conditions (Clavero, 1998; García *et al.*,

deletéreo potencial en la fisiología digestiva de los rumiantes.

Por otra parte, aunque la mimosina es considerada el tóxico de mayor relevancia en las especies de *Leucaena*, la concentración promedio de este aminoácido no proteico fue baja, si se compara con los resultados de otras colecciones cultivadas en condiciones tropicales (Clavero, 1998; García *et al.* 2008). El nivel de este metabolito, en todos los casos, fue inferior a 6%, concentración indicada como causante de efectos adversos tanto en los monogástricos como en los rumiantes (Razz *et al.*, 2004). Por tales motivos, en las especies evaluadas podría constituir un compuesto aportador de nitrógeno a los microorganismos del rumen y desempeñarse como un metabolito pronutricional, al influir positivamente en la degradabilidad de la fracción proteica (Razz *et al.*, 2004).

La degradación de las fracciones nutritivas (MS, PC, FDN) de los follajes integrantes de la colección fue elevada si se compara con la de otros árboles y arbustos de composición nutricional similar, pero con una mayor cantidad de taninos, y que son utilizados comúnmente en la alimentación animal. Dicho aspecto resalta las potencialidades del género *Leucaena* como alternativa forrajera en una gran diversidad de condiciones agroambientales, aun cuando su desempeño está asociado a las características de crecimiento y de adaptación de cada accesión.

En la tabla 2 se muestran los resultados del ACP. En este sentido, la varianza total extraída mediante el análisis fue discreta (52,47%).

En la primera componente (CP1) se extrajo el 25,44% de la variabilidad y los indicadores que explicaron mejor la varianza fueron la fracción fibrosa (FDN, FDA y celulosa), la polifenólica (FT, TPP y TC), los contenidos de mimosina y la degradación *in situ* de la MS, PC y FDN.

Con respecto a la interrelación entre las variables, los componentes de la pared celular, FT, TPP, TC, y la mimosina se relacionaron negativamente con la degradación ruminal.

La segunda componente (CP2) explicó el 14,71% de la variabilidad y en su formación

2008). The rate of this metabolite, in all cases, was lower than 6%, concentration indicated as cause of adverse effects in monogastric animals as well as in ruminants (Razz *et al.*, 2004). For such reasons, in the evaluated species it could constitute a nitrogen-contributing compound to rumen microorganisms and act as a pronutritional metabolite, by influencing positively the degradability of the protein fraction (Razz *et al.*, 2004).

The degradation of the nutritional fractions (DM, CP, NDF) of the foliages that integrate the collection was high, as compared to that of other trees and shrubs of similar nutritional composition, but with a higher tannin quantity, and which are commonly used for animal feeding. Such aspect stresses the potential of the *Leucaena* genus as forage alternative in a large diversity of agroenvironmental conditions, although its performance is associated to the growth and adaptation characteristics of each accession.

Table 2 shows the results of the MCA. In this sense, the total variance extracted by means of the analysis was discreet (52,47%).

In the first components (CP1) 25,44% of the variability was extracted and the indicators that better explained the variance were the fibrous fraction (NDF, ADF and cellulose), polyphenolic fraction (TPh, PPT and CT), mimosine contents and *in situ* degradation of DM, CP and NDF.

Regarding the interrelation among variables, the components of the cell wall, TPh, PPT, CT and mimosine were negatively related to ruminal degradation.

The second component (CP2) accounted for 14,71% of the variability and in its formation, ADL and most components of the fibrous fraction (NDF, ADF, CF), explained in the CP₁-CP₂ level, contributed, all positively related among themselves.

The third component (CP3) extracted 12,32% and the highest representation corresponded to the percentage of phytic P.

In the evaluations of plant genetic resources, the variance percentage is extremely useful to define which of the quantified variables show

Tabla 2. Resultados del ACP y relación entre las variables nutricionales de 53 accesiones de *Leucaena*.Table 2. Results of the MCA and relationship between the nutritional variables of 53 *Leucaena* accessions.

Variable	Componente principal		
	1	2	3
Materia seca	0,09	0,01	-0,31
Proteína cruda	-0,39	0,27	-0,23
Proteína verdadera	-0,32	0,23	-0,30
FDN	0,62	0,58	0,19
FDA	0,61	0,58	0,19
FC	0,59	0,71	0,01
LDA	0,55	0,68	-0,27
Celulosa	0,56	0,43	-0,41
Calcio	-0,05	0,05	0,25
Fósforo	-0,35	0,27	0,29
Potasio	-0,05	0,10	-0,14
Cenizas	-0,20	0,36	0,06
Polifenoles totales	0,62	-0,25	0,37
Taninos precipitantes	0,76	-0,33	0,45
Taninos condensados	0,60	-0,27	0,57
P. fitico	-0,34	0,12	0,55
Mimosina	0,68	-0,12	0,29
DMS	-0,64	0,31	0,41
DPC	-0,48	0,44	0,16
DFDN	-0,65	0,42	0,44
Valor propio (λ)	5,09	2,94	2,47
Varianza (%)	25,44	14,71	12,32
Varianza total (%)	25,44	40,15	52,47

ACP: análisis de componentes principales, FDN: fibra detergente neutro, FDA: fibra detergente ácido, FC: fibra cruda, LDA: lignina detergente ácido, P. fitico: fósforo fitico, 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 a las 48 h neutro

contribuyó la LDA y la mayoría de los componentes de la fracción fibrosa (FDN, FDA, FC) explicados en el plano CP₁-CP₂, todos relacionados positivamente entre sí.

La tercera componente (CP3) extrajo el 12,32% y la mayor representación correspondió con el porcentaje de P fitico.

En las evaluaciones de los recursos fitogenéticos, el porcentaje de varianza es extremadamente útil para definir cuáles de las variables cuantificadas presentan la mayor importancia en la caracterización de accesiones genéticamente relacionadas entre sí (Hidalgo, 2003). En este sentido, el porcentaje de varianza

the highest importance in the characterization of accessions genetically related among themselves (Hidalgo, 2003). In this sense, the variance percentage extracted in the first three components showed that the accessions had substantial differences in some of the quantified variables. Yet, it should be stated that by means of the MCA only 52,47% of the total variance could be explained, for which part of the numerical variability was not elucidated in this study.

The extracted variability as result of the MCA, was lower than the one reported in an evaluation with only *L. leucocephala* accessions

extraído en las primeras tres componentes puso de manifiesto que las accesiones presentaron diferencias sustanciales en algunas de las variables cuantificadas. No obstante, se debe señalar que mediante el ACP se logró explicar solamente el 52,47% de la varianza total, por lo que existió una parte de la variabilidad numérica que no quedó dilucidada en esta investigación.

La variabilidad extraída, como resultado del ACP, fue inferior a la informada en una evaluación solo con accesiones de *L. leucocephala* (85,83%), en la cual se demostró la mayor variación fenotípica entre las accesiones y cultivares comerciales (García *et al.*, 2008). Sin embargo, en esta investigación donde se estudiaron varias accesiones de diferentes especies, las pertenecientes a *L. leucocephala* (IH, IRI y Ecotec) presentaron características nutricionales similares al resto de los ecotipos de *L. lanceolata*, *L. diversifolia* y *L. esculenta*.

Considerando que solamente una parte de las variables cuantificadas (FDN, FDA, celulosa, LAD, FT, TPP, TC, mimosina, DMS, DPC y DFDN) agruparon la mayor variación numérica, resalta la importancia de estos indicadores como los de mayor relevancia desde el punto de vista comparativo.

La relación fuertemente inversa entre los niveles de fenólicos (FT, TPP, TC) y los componentes de la pared celular con la degradabilidad ruminal, sugiere un efecto negativo de estos compuestos en el sistema digestivo de los rumiantes, aspecto que ha sido comúnmente informado sobre todo en investigaciones 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 realizado en las últimas décadas, y en muchos casos los resultados muestran divergencias asociadas con aspectos inherentes a los cultivares y a las condiciones ambientales (Hughes y Harris, 1995; Stewart y Dunsdon, 1998).

Quizás la presencia conjunta de fenoles y mimosina, relacionados en un mismo componente, describa una estrategia de protección de estas plantas, considerando que dentro de la mayoría de las especies de *Leucaena* estos metabolitos

(85,83%), in which the highest phenotypical variation among the accessions and commercial cultivars was proven (García *et al.*, 2008). However, in this trial in which several accessions from different species were studied, the ones belonging to *L. leucocephala* (H, IRI and Ecotec) showed nutritional characteristics similar to the other ecotypes of *L. lanceolata*, *L. diversifolia* and *L. esculenta*.

Considering that only part of the quantified variables (NDF, ADF, cellulose, ADL, TPh, PPT, CT, mimosine, DMD, CPD and NDFD) grouped the highest numerical variation, the importance of these indicators as the most relevant ones from the comparative point of view is stressed.

The highly inverse relationship among the phenolic rates (TPh, PPT, CT) and the components of the cell wall with ruminal degradability, suggests a negative effect of these compounds on the digestive system of ruminants, which has been commonly reported especially in studies with *L. leucocephala* (Dalzell *et al.*, 1998). However, most nutritional and phytochemical evaluations with other species of this genus have been conducted in the last decades, and in many cases the results show divergences associated to aspects inherent to the cultivars and the environmental conditions (Hughes and Harris, 1995; Stewart and Dunsdon, 1998).

Maybe the joint presence of phenols and mimosine, related in the same component, describes a protection strategy of these plants, considering that within most *Leucaena* species these metabolites are present jointly, independently from the phenology, edaphoclimatic conditions and age of the biomass (Dalzell, 2000).

The strong positive relationship between the two types of secondary compounds, related in CP1, can constitute an aspect of interest for the crossing and selection of interspecific hybrids with lower rates of polyphenols and mimosine, aiming at increasing forage acceptability by the animals.

The inexistence of a strong relationship (in the same main component) between the rates of

se encuentran presentes de forma conjunta, independientemente de la fenología, las condiciones edafoclimáticas y la edad de la biomasa (Dalzell, 2000).

La fuerte relación positiva entre los dos tipos de compuestos secundarios, relacionados en la CP1, pudiera constituir un aspecto de interés para el cruzamiento y la selección de híbridos interespecíficos con niveles inferiores de polifenoles y mimosina, con el fin de aumentar la aceptabilidad de los forrajes por parte de los animales.

La inexistencia de una relación fuerte (en una misma componente principal) entre los niveles de P total y P. fítico mostró la poca correspondencia entre las fracciones de fósforo, lo cual no coincide con lo obtenido en los granos de numerosos ingredientes utilizados para la alimentación animal (Ravindran *et al.*, 1995), pero sí con las aseveraciones de Butler y Jones (1973) acerca de que la mayor proporción de P en los follajes se encuentra en forma de sales inorgánicas.

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

A partir de los resultados del análisis de clasificación automática se muestran las agrupaciones formadas en dependencia de las características de cada accesión (tabla 3).

Las accesiones se dividieron en tres grupos con características diferenciadas desde el punto de vista nutricional. El grupo I estuvo integrado por la mayoría de las accesiones de *L. leucocephala* CIAT (9442, 9441, 7884, 9383, 9119, 94,38, 751, 8815, 7985, 8069, 7988, 937, 7929, 17480, 9993, 932, 9411, 871), *L. leucocephala* Ecotec, *L. leucocephala* IRI (3164 y 3219), *L. leucocephala* P-III-187 y la totalidad de las accesiones de *L. lanceolata*.

El grupo II lo formaron todas las accesiones de *L. diversifolia*, *L. macrophylla*, *L. esculenta*, *L. leucocephala* IH, *L. leucocephala* cv. Perú, *L. leucocephala* CIAT 7384 y *L. glauca*.

total P and phytic P. showed the little correspondence between the phosphorus fractions, which does not coincide with the results obtained in the grains of many ingredients used for animal feeding (Ravindran *et al.*, 1995), but it coincides with the statements by Butler and Jones (1973) regarding that the highest P proportion in foliages is in the form of inorganic salts.

Although these compounds are known to be abundant in cereals, the results maybe describe the low importance of the phytates present in the evaluated *Leucaena* accessions and their little ecophysiological relevance, with regards to other main metabolites present in the leaves and fresh stems.

From the results of the automatic classification analysis, the groups formed depending on the characteristics of each accession are shown (table 3).

The accessions were divided into three groups with differentiated characteristics from the nutritional point of view. Group 1 was formed by most accessions of *L. leucocephala* CIAT (9442, 9441, 7884, 9383, 9119, 9438, 751, 8815, 7985, 8069, 7988, 937, 7929, 17480, 9993, 932, 9411, 871), *L. leucocephala* Ecotec, *L. leucocephala* IRI (3164 and 3219), *L. leucocephala* LPIII-187 and all the accessions of *L. lanceolata*.

Group II included all the accessions of *L. diversifolia*, *L. macrophylla*, *L. esculenta*, *L. leucocephala* IH, *L. leucocephala* cv. Perú, *L. leucocephala* CIAT 7384 and *L. glauca*.

Group III was formed only by accessions of *L. leucocephala* (cv. Cunningham, cv. CNIA-250, cv. Ipil-Ipil, K-8, K-28, K-67, cv. 7, cv. Mexico and cv. America).

From the comparative point of view, the accessions of group I showed the most outstanding results integrally.

The accessions in group II showed the most discreet results and had a higher content of mimosine and fibrous and polyphenolic fraction.

On the other hand, the accessions of group III showed similar results to the ones in group I. Nevertheless, the main differences were

Tabla 3. Distribución de 53 accesiones de *Leucaena* según sus características nutritivas.
Table 3. Distribution of 53 *Leucaena* accessions according to their nutritional characteristics.

Grupo	Accesión
I	<i>L. leucocephala</i> CIAT-9442, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9441, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7884, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9383, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9119, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9438, <i>L. leucocephala</i> CIAT-751, <i>L. leucocephala</i> CIAT-8815, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7985, <i>L. leucocephala</i> CIAT-8069, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7988, <i>L. leucocephala</i> CIAT-937, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7929, <i>L. leucocephala</i> CIAT-17480, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9993, <i>L. leucocephala</i> CIAT-932, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9411, <i>L. leucocephala</i> CIAT-871, <i>L. leucocephala</i> EcoTec, <i>L. leucocephala</i> IRI-3164, <i>L. leucocephala</i> IRI-3219, <i>L. leucocephala</i> P-III-187, <i>L. lanceolata</i> CIAT-17223, <i>L. lanceolata</i> CIAT-17501, <i>L. lanceolata</i> CIAT-17255, <i>L. lanceolata</i> CIAT-17252
II	<i>L. diversifolia</i> CIAT-17485, <i>L. diversifolia</i> CIAT-17270, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17245, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17231, <i>L. esculenta</i> CIAT-17225, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17233, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17237, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17240, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17241, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17243, <i>L. leucocephala</i> IH-449, <i>L. leucocephala</i> IH-164, <i>L. glauca</i> , <i>L. leucocephala</i> IH-1069, <i>L. leucocephala</i> IH-1140, <i>L. leucocephala</i> cv. Perú, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7384
III	<i>L. leucocephala</i> ipil-ipil, <i>L. leucocephala</i> k-8, <i>L. leucocephala</i> CNIA-250, <i>L. leucocephala</i> k-28, <i>L. leucocephala</i> México, <i>L. leucocephala</i> k-67, <i>L. leucocephala</i> América, <i>L. leucocephala</i> 7, <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham

El grupo III estuvo formado solamente por accesiones de *L. leucocephala* (cv. Cunningham, cv. CNIA-250, cv. Ipil-ipil, K-8, K-28, K-67, cv. 7, cv. México y cv. América).

Desde el punto de vista comparativo, las accesiones del grupo I presentaron los resultados más sobresalientes de forma integral.

Las del grupo II mostraron los resultados más discretos y se caracterizaron por un mayor contenido de mimosina y de fracción fibrosa y polifenólica.

Por su parte, las accesiones del grupo III presentaron resultados similares a las del grupo I. No obstante, las principales diferencias estuvieron asociadas a sus contenidos superiores de proteína y una mayor degradabilidad ruminal de la MS y de la proteína, así como una mayor concentración de metabolitos secundarios.

Aunque el perfil nutritivo fue similar en todos los casos (tabla 4), las accesiones de *L. leucocephala* CIAT, las de *L. lanceolata* y el resto de los cultivares comerciales de *L. leucocephala* presentaron íntegramente un mejor comportamiento que las pertenecientes a *L. macrophylla*, *L.*

associated to their higher contents of protein and higher DM and protein ruminal degradability, as well as higher concentration of secondary metabolites.

Although the nutritional profile was similar in all cases (table 4), the accessions of *L. leucocephala* CIAT, those of *L. lanceolata* and the rest of the commercial cultivars of *L. leucocephala* integrally showed a better performance than the ones belonging to *L. macrophylla*, *L. diversifolia* and *L. esculenta*, aspect also reported by Stewart and Dunsdon (1998) in a research conducted in Central America, where some accessions of these species were included.

However, although *L. diversifolia* showed a stressed phenolic fraction, in experiments with ruminants it has been determined that it still constitutes a good choice for feeding these animals (Stewart *et al.*, 1992; Stewart and Dunsdon, 1998). Nevertheless, all of them can be used essentially as source of dry matter and nitrogen to the ruminal ecosystem.

DM degradability oscillated as average between 47 and 75%, and the lowest results were

Tabla 4. Media grupal de variables nutricionales el follaje de 53 accesiones de *Leucaena*.
Table 4. Group mean of nutritional variables of the foliage of 53 *Leucaena* accessions.

Variable	Grupo			Media general
	I	II	III	
Materia seca	23,57	24,40	23,16	23,71
Proteína cruda	25,58	24,92	26,62	25,71
Proteína verdadera	18,82	18,57	19,49	18,96
Fibra detergente neutro	44,79	49,98	45,95	46,91
Fibra detergente ácido	26,06	30,10	22,90	26,35
Fibra cruda	18,00	19,67	17,78	18,48
Lignina detergente ácido	9,97	11,98	9,37	10,44
Celulosa	10,89	13,44	10,04	11,46
Calcio	1,92	1,87	1,87	1,89
Fósforo	0,20	0,18	0,21	0,20
Potasio	2,13	2,26	2,17	2,19
Cenizas	7,59	7,37	7,47	7,48
Polifenoles totales	3,04	5,02	4,55	4,20
Taninos precipitantes	1,95	3,42	2,64	2,67
Taninos condensados	3,29	4,21	3,85	3,78
Fósforo fítico	0,05	0,06	0,09	0,07
Mimosina	2,55	3,46	2,67	2,89
DMS	57,24	47,78	75,69	60,24
DPC	58,24	53,46	61,78	57,83
DFDN	33,44	26,62	43,94	34,67
Contribución positiva (%)	70	15	65	

diversifolia y *L. esculenta*, aspecto señalado también por Stewart y Dunsdon (1998) en una investigación realizada en Centroamérica donde se incluyeron algunas accesiones de estas especies.

Sin embargo, aunque *L. diversifolia* presentó una fracción fenólica acentuada, en experimentos con rumiantes se ha podido determinar que aun así constituye una buena alternativa para la alimentación de estos animales (Stewart *et al.*, 1992; Stewart y Dunsdon, 1998). No obstante, todas pueden ser utilizadas esencialmente como fuente de materia seca y nitrógeno al ecosistema ruminal.

La degradabilidad de la MS osciló como promedio entre 47 y 75%, y los resultados más bajos se observaron con *L. diversifolia* y *L. esculenta*; ello quizás se deba 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 e imposibilitar la degradación efectiva del follaje en el tracto

observado con *L. diversifolia* and *L. esculenta*; this may occur because, considering the relatively high levels of precipitable tannins among the accessions of these species ($4,44 \pm 0,49$ % DB), the PPT could bind the protein and impede the effective degradation of the foliage in the gastrointestinal tract, because it has been proven that when these compounds are found in high concentrations degradability is largely affected (Makkar, 2003).

Yet, it should also be stated that the accessions of group III, although showing the highest contents of polyphenolic secondary metabolites, as compared to group I, presented the highest DM and nitrogen fraction ruminal degradability of the whole collection. These results, contradictory in principle, can possibly be related to a remarkable variability in the biological activity of the tannins present in the accessions of group III, taking into consideration the affinity of tannins for biomolecules.

On the other hand, it is very uncertain to ascribe the inter-accession variations of the

gastrointestinal, ya que se ha demostrado que cuando estos compuestos se encuentran en concentraciones elevadas se afecta cuantiosamente la degradabilidad (Makkar, 2003).

Sin embargo, también se debe señalar que las accesiones del grupo III aunque presentaron los mayores contenidos de metabolitos secundarios polifenólicos, comparativamente con el grupo I, mostraron la mayor degradabilidad ruminal de la MS y la fracción nitrogenada de toda la colección. Estos resultados, en principio contradictorios, posiblemente podrían encontrarse relacionados con una variabilidad marcada en la actividad biológica de los taninos presentes en las accesiones del grupo III, si se considera la afinidad de los taninos por las biomoléculas.

Por otra parte, resulta muy incierto atribuir las variaciones de la composición química inter-accesiones a las condiciones que prevalecieron en el área de estudio, ya que se conoce muy poco sobre las características fitoquímicas de las accesiones evaluadas, fundamentalmente las de *L. macrophylla*, *L. lanceolata* y *L. esculenta*.

Se debe destacar que los resultados con las accesiones de *L. leucocephala* y *L. lanceolata* pudieran ser comparables con los informados por García *et al.* (2008) en un amplio número de accesiones de *L. leucocephala* CIAT, establecidas en iguales condiciones experimentales. Sin embargo, la composición nutricional de *L. esculenta* y *L. diversifolia* fue similar a la reportada en accesiones de *L. macrophylla* (García *et al.*, 2008a).

De manera general, el perfil de las accesiones pertenecientes a una misma especie parece corresponder a un patrón invariante regido solamente por control genético; dicho comportamiento fue menos acentuado en las integrantes de *L. leucocephala*, las cuales se distribuyeron en los tres grupos formados, quizás porque ha sido una especie más domesticada y la continua labor de selección se ha realizado para mejorar sus atributos forrajeros de una forma multidireccionada. No obstante, en todos los casos las diferencias químicas entre las accesiones se encuentran relacionadas con las caracte-

chemical composition to the conditions that prevailed in the area under study, because very little is known about the phytochemical characteristics of the evaluated accessions, mainly those of *L. macrophylla*, *L. lanceolata* and *L. esculenta*.

It should be emphasized that the results with the accessions of *L. leucocephala* and *L. lanceolata* can be comparable to the ones reported by García *et al.* (2008) in a large number of *L. leucocephala* CIAT accessions, established under similar experimental conditions. Nevertheless, the nutritional composition of *L. esculenta* and *L. diversifolia* was similar to the one reported in accessions of *L. macrophylla* (García *et al.*, 2008a).

In general, the profile of the accessions belonging to the same species seems to correspond to an invariant pattern only ruled by genetic control; such performance was less stressed in the accessions of *L. leucocephala*, which were distributed in the three groups formed, mainly because it has been a more domesticated species and the continuous selection work has been carried out to improve its forage attributes in a multidirectional way. However, in all cases the chemical differences between accessions are related to the genotype characteristics and their expression in the experiment environment.

Likewise, it should be emphasized that although integrally group I was the one with the best results, group II includes most of the accessions of which more information is known, from the agroproductive point of view. Hence the need to perform more studies with the accessions of *L. leucocephala* and *L. lanceolata* of the CIAT line (group I) and commercial cultivars (group III), which show high potential.

Conclusions

All the evaluated accessions constitute good choices for the systems in which their foliage is used to feed ruminants.

Based on the results of the main component analysis, the accessions of the collection can be

rísticas genotípicas y su expresión en el ambiente de experimentación.

Asimismo, se debe señalar que aunque de forma integral el grupo I fue el de mejores resultados, en el grupo II se encuentran la mayoría de las accesiones de las cuales se tiene mayor información, desde el punto de vista agroproductivo. De ahí la necesidad de realizar más investigaciones con las accesiones de *L. leucocephala* y *L. lanceolata* de la línea CIAT (grupo I) y los cultivares comerciales (grupo III), los cuales muestran elevadas potencialidades.

Conclusiones

Todas las accesiones evaluadas constituyen buenas alternativas para los sistemas en los cuales su follaje se utilice para alimentar los rumiantes.

Basado en los resultados del análisis de componentes principales, las accesiones de la colección se pueden diferenciar fundamentalmente por los contenidos de la fracción fibrosa, los taninos, la mimosina y la degradabilidad ruminal. Sin embargo, el contenido de materia seca, proteínas, minerales mayoritarios, cenizas y fitatos no constituyen variables representativas para diferenciarlas.

Mediante el análisis de clasificación automática y la media grupal de las variables más importantes de cada conglomerado, se determinó que la biomasa comestible de las accesiones de *L. leucocephala* y *L. lanceolata* presentan una mejor calidad nutricional, comparadas con las de *L. macrophylla*, *L. diversifolia* y *L. esculenta*. Estas últimas presentan mayor cantidad de fenoles, taninos precipitantes y taninos condensados, y menor degradabilidad ruminal.

Referencias bibliográficas

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D.C. USA. 500 p.

Baldizán A. 2003. Producción de biomasa y nutrimentos de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los llanos centrales de Venezuela. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Caracas, Venezuela. 288 p.

differentiated mainly because of the fibrous fraction, tannin and mimosine contents and ruminal degradability. However, dry matter, protein, main mineral, ash and phytate contents are not representative variables to differentiate them.

Through the automatic classification analysis and the group mean of the most important variables of each cluster, the edible biomass of the accessions of *L. leucocephala* and *L. lanceolata* was determined to show better nutritional quality, as compared to *L. macrophylla*, *L. diversifolia* and *L. esculenta*. The latter ones show higher quantity of phenols, precipitable tannins and condensed tannins, and lower ruminal degradability.

--End of the English version--

Butler, J.W. & Jones, D.I.H. 1973. Mineral biochemistry of herbage. En: (Butler J.W. & Bailey, R.W., Eds.) Chemistry and biochemistry of herbage. Academic Press, London. p. 127

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 p.

Dalzell, A.S. 2000. Genotypic and environmental effects on proanthocyanidin in the *Leucaena* genus. PhD. Thesis University of Queensland. Queensland, Australia. 150 p.

Dalzell, A.S. *et al.* 1998. Chemical composition of *Leucaena* and implication for forage quality. In: *Leucaena* adaptation, quality and farming systems. (Shelton, H.M.; Gutteridge, R.C.; Mullen, B.F. & Bray, R.A., Eds.). ACIAR Proceedings No. 86, p. 227

Dalzell, A.S. & 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

Early, E.B & Turk, E.E. 1944. Time and rate of synthesis of phytin in corn grain during the reproductive period. *J. Anim. Sci. Agron.* 36:803

Galindo, Juana *et al.* 2005. Impacto de los árboles, arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes.* 28 (1):59

García, D.E. *et al.* 2006. Composición proximal, niveles de metabolitos secundarios y valor nutritivo

- del follaje de algunos árboles forrajeros tropicales. *Arch. Zootecnia*. 55 (212):373
- García, D.E. *et al.* 2008. Evaluación de diecinueve accesiones de *Leucaena leucocephala* basada en la calidad nutritiva del forraje. *Zootecnia Trop.* 26 (1):9
- García, D.E. *et al.* 2008a. 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
- García, D.E. 2009. Efecto de la época y la poda en la calidad nutritiva de especies forrajeras en condiciones tropicales. Informe técnico de la actividad investigativa en el período 2006-2008. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Pampanito, estado Trujillo, Venezuela. 232 p.
- Hernández, A. *et al.* 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba. 64 p.
- 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 p.
- Hughes, C.E. & 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
- Makkar, H.P.S. 2003. Quantification of tannins in tree and shrub foliage. A laboratory manual. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 102 p.
- Makkar, H.P.S. *et al.* 1988. Determination of both tannin and protein in a tannin-protein complex. *J. Agric. Food Chem.* 36:523
- Matsumoto, H. & Sherman, G.D. 1951. A rapid colorimetric method for the determination of mimosine. *Arch. Biochem. Biophys.* 33:195
- Mehrez, A.Z. & Ørskov, E.R. 1977. A study of the artificial fibre bag technique for determining the digestibility of feeds in the rumen. *J. Agric. Sci.* 88:645
- Philippeau, G. 1986. Comment interpréter les résultats d' une analyse in composants principales. Service des Etudes Statistiques. ITCF. Lusignan, France. 4 p.
- Ravindran, V. *et al.* 1995. Phytates, occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. *Poult. Avian Dis. Biol. Rev.* 6:125
- Razz, R. *et al.* 2004. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica FCV-LUZ*. 14 (5):424
- Stewart, J.L. & Dunsdon, A.J. 1998. Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agroforestry Systems*. 40:177
- Stewart, J.L. *et al.* 1992. Wood biomass estimation of Central American dry zone species. Tropical Institute, University of Oxford, United Kingdom. 83 p.
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. En: Estadística multivariante. Mc-Graw-Hill-Interamericana de España. Madrid, España. 200 p.

Recibido el 8 de julio del 2008

Aceptado el 20 de enero del 2009