

Comportamiento de la disponibilidad de biomasa y la composición química en 23 accesiones de *Leucaena* spp.

Performance of biomass availability and chemical composition of 23 *Leucaena* spp. accessions

Hilda B. Wencomo¹ y R. Ortiz²

¹*Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"*
Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba
E-mail: hilda.wencomo@indio.atenas.inf.cu

²*Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba*

Resumen

Se realizó un estudio con 23 accesiones de *Leucaena* spp. en un área que tenía seis años de sembrada. El objetivo fue determinar, en las plantas establecidas, la biomasa total, la biomasa comestible, la biomasa leñosa, el grosor del tallo y el número de ramas de cada accesión, y su composición bromatológica en condiciones de pastoreo simulado. La investigación se realizó en la EEPF "Indio Hatuey" durante dos años, en un suelo Ferralítico Rojo lixiviado, húmico nodular ferruginoso hidratado. Se utilizaron parcelas sencillas de 3 m x 6 m. En la biomasa comestible y sus componentes (hojas y tallos tiernos) existieron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) entre las épocas de los dos años. Se pudo constatar que la producción en la época lluviosa fue mayor que en la poca lluviosa, aunque no hubo diferencias entre la producción media de biomasa de las accesiones; para el caso de la biomasa total no se encontró diferencias significativas entre las épocas. Se recomienda continuar los estudios para determinar, a largo plazo, el efecto de los indicadores evaluados en la disponibilidad y la persistencia de la arbórea.

Palabras clave: Comportamiento, disponibilidad de nutrientes, *Leucaena* spp.

Abstract

A study was conducted with 23 *Leucaena* spp. accessions in an area which had been planted six years before. The objective was to determine, in the established plants, total biomass, edible biomass, ligneous biomass, stem diameter and number of branches in each accession, and its bromatological composition under simulated grazing conditions. The research was conducted at the EEPF "Indio Hatuey" during two years, on a hydrated ferruginous nodular humic lixiviated Ferralitic Red soil. Simple 3 m x 6 m plots were used. In the edible biomass and its components (leaves and fresh stems), there were significant differences ($P \leq 0,05$) between the seasons of the two years. It could be observed that production was higher in the rainy season than in the dry season, although there were no differences among the mean biomass production of the accessions; in the case of total biomass no significant differences were found between seasons. To continue the studies is recommended, to determine, in the long term, the effect of the evaluated indicators on the availability and persistence of the tree.

Key words: *Leucaena* spp., nutrient availability, performance

Introducción

En los países tropicales, que no son productores por excelencia de granos y cereales, la búsqueda de estrategias de suplementación del ganado, con los recursos propios que se generen en el área, constituye uno de los rasgos esenciales, fundamentalmente, en el grado de independencia y competitividad que este pueda alcanzar.

El follaje de los árboles y los arbustos se emplea en la alimentación animal desde tiempos remotos y parece ser el forraje preferido por los bovinos y algunas razas ovinas, particularmente en las sabanas áridas. En los últimos años, estas plantas se han introducido en sistemas de cultivo y pastoreo para suministrar forraje verde con alta concentración en proteína suplementaria para dietas de baja calidad; se cultivan en bancos o cercas, entre cultivos (cultivo de callejón) o como componentes de los pastizales y también como árboles para sombra; se ha demostrado, con resultados palpables en la práctica, su potencial de contribución para los sistemas de producción animal en los trópicos (Ibrahim y Mora, 2006).

Uno de los indicadores más importantes en el proceso de evaluación y determinación de la potencialidad de las especies, para incluirlas en los sistemas productivos, es la producción de biomasa total, la fracción comestible y su aceptabilidad por parte de los animales, además de su persistencia en el sistema. A partir de esta premisa se hizo un ensayo con 23 accesiones de *Leucaena* spp. con el objetivo de determinar la biomasa total, la biomasa comestible, la biomasa leñosa, el grosor del tallo y el número de ramas de cada accesión y su composición bromatológica en condiciones de pastoreo simulado.

Materiales y Métodos

Ubicación del área experimental. El estudio se realizó durante dos años, en las áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", la cual se encuentra ubicada en los 22° 48' y 7" de latitud Norte y los 79° 32' y 2" de longitud Oeste, a una altitud de 19,9 msnm, en el municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

Introduction

In tropical countries, which are not producers of grains and cereals par excellence, the search for livestock supplementation strategies, with their own resources generated in the area, constitutes one of the essential traits, mainly in the degree of independence and competitiveness it could reach.

Tree and shrub foliage is used in animal feeding since long ago and seems to be the forage preferred by cattle and some sheep breeds, particularly in arid savannas. In recent years, these plants have been introduced in cropping and grazing systems to supply green forage with high concentration in supplementary protein for low-quality diets; they are cultivated in banks or fences, intercropped (alley crop) or as pastureland components and also as trees for shade; their contribution potential for animal production systems in the tropics has been shown, with noticeable practical results (Ibrahim and Mora, 2006).

One of the most important indicators in the process of evaluation and determination of the species potential, to be included in productive systems, is total biomass production, edible fraction and its acceptability by the animals, in addition to their persistence in the system. From this premise, a trial was conducted with 23 accessions in order to determine total biomass, edible biomass, ligneous biomass, stem diameter and number of branches of each accession and its bromatological composition under simulated grazing conditions.

Materials and Methods

Location of the experimental area. The study was conducted during two years, in areas of the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey", which is located at 22° 48' and 7" latitude north and 79° 32' and 2" longitude west, at an altitude of 19,9 masl, in the Perico municipality, Matanzas province, Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

Climate characteristics. The performance of the most important climate variables (table 1) was obtained from the monthly records of the

Características del clima. El comportamiento de las variables climatológicas más importantes (tabla 1) fue tomado de los registros mensuales de la estación meteorológica ubicada en las áreas de la Institución.

Como se observa, en el período poco lluvioso (PPLL) el volumen de lluvias alcanzó valores similares en los dos años, ligeramente superiores a la media de los 15 años anteriores al período de investigación. En el período lluvioso (PLL) las precipitaciones fueron contrastantes, ya que en el primer año cayeron 393,3 mm más con respecto a la media histórica; mientras que en el segundo año la precipitación fue menor con respecto a la media de comparación en más de 220 mm.

Las temperaturas máximas y mínimas mostraron valores muy similares, en correspondencia con los períodos para los dos años, y fluctuaron en un rango muy estrecho alrededor de la media de los 15 años anteriores al período experimental. La evaporación en la zona aumentó a partir de enero, con valores máximos en abril (220 mm). La humedad relativa promedio anual fue de 82,6%, con el mayor valor en julio (89,0%) y el menor en abril (75,5%).

Características del suelo. El suelo es de topografía llana, con pendiente de 0,5 a 1,0%, y está clasificado por Hernández *et al.* (2003) como Ferralítico Rojo lixiviado, húmico nodular ferruginoso hidratado, de rápida desecación, arcilloso y profundo sobre calizas. Este tipo es equivalente al grupo de los Ferrosoles, en el

Meteorological Station located in areas of the Institution.

As can be observed, in the dry season (DS), the rainfall volume reached similar values in the two years, slightly higher than the mean of the 15 years previous to the research period. In the rainy season (RS) the rainfall values were contrasting, because in the first year 393,3 mm more of rainfall occurred as compared to the historical mean; while in the second year the rainfall was lower with regards to the mean of comparison in more than 220 mm.

The maximum and minimum temperatures showed very similar values, in correspondence with the seasons for the two years, and fluctuated in a narrow range around the mean of the 15 previous years to the experimental period. The evaporation in the zone increased since January, with highest values in April (220 mm). The average annual relative humidity was 82,6%, with the highest value in July (89,0%) and the lowest in April (75,5%).

Soil characteristics. The soil has plain topography, with slope from 0,5 to 1,0%, and is classified by Hernández *et al.* (2003) as hydrated ferruginous nodular humic lixiviated Ferralitic Red, of fast desiccation, clayey and deep on limestone. This type is equivalent to the Ferrosol group, in the FAO-UNESCO classification system (Alonso, 2003).

Tabla 1. Comportamiento de las variables climatológicas durante el período experimental.
Table 1. Performance of the climate variables during the experimental period.

Año	Época	Precipitación (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)
1	PLL	1 428,8	19,9	25,4	32,0	86,2
	PPLL	282,0	14,8	21,8	29,5	79,3
2	PLL	814,0	20,4	25,3	31,9	83,5
	PPLL	289,7	16,0	22,1	28,9	80,2
*	PLL	1 121,4	20,1	25,3	31,9	84,8
	PPLL	285,8	15,4	21,9	29,2	79,7
**	PLL	1 035,5	20,7	26,0	32,1	83,1
	PPLL	263,9	16,0	22,1	29,7	80,8

* Promedio de las variables climatológicas del período experimental evaluado.

** Promedio de las variables climatológicas en los últimos 15 años.

sistema de clasificación de la FAO-UNESCO (Alonso, 2003).

Procedimiento experimental

Material vegetal. De las 180 accesiones establecidas en la colección de *Leucaena* spp., que se conservan en el banco de germoplasma de la Estación, se tomaron 23 (tabla 2) representativas de la población. Este experimento tuvo una duración de dos años (desde el 2002 hasta el 2004) y abarcó las dos épocas: lluviosa (mayo-octubre) y poco lluviosa (noviembre-abril).

La disponibilidad de biomasa se estimó mediante la simulación del ramoneo que realizan los animales (Lamela, 1998), según la altura de consumo (hasta 2 m). Para ello se aplicó la técnica del ordeño de las partes más tiernas de las plantas, las hojas y los tallos finos hasta aproximadamente 3 mm de diámetro; esto se realizó dos veces por época. También se utilizó la técnica de corte. El material verde se pesó y se

Experimental procedure

Plant material. From the 180 accessions established in the *Leucaena* spp. collection, which are preserved at the germplasm bank of the Station, 23 representative of the population (table 2) were taken. This trial lasted two years (from 2002 to 2004) and comprised the two seasons: rainy (May-October) and dry (November-April).

Biomass availability was estimated by simulating the browsing made by the animals (Lamela, 1998), according to the consumption height (up to 2 m). For such purpose, the technique of milking the softer plant parts, leaves and fine stems up to 3 mm of diameter, was used; this was done twice per season. The cutting technique was also used. The green material was weighed and manually separated in its different fractions: edible and non edible material, and both were weighed immediately and the value of each material per tree was calculated.

Tabla 2. Accesiones estudiadas y su procedencia.
Table 2. Studied accessions and their provenance.

No.	Clave	Especie	Accesión	Procedencia
1	5	<i>L. leucocephala</i>	cv. Cunningham	Australia
2	6		cv. Perú	Antigua y Barbudas
3	21		CIAT-9119	Colombia
4	26		CIAT-9438	Colombia
5	38		CIAT-751	Colombia
6	42		CIAT-7988	Colombia
7	50		CIAT-7384	Colombia
8	51		CIAT-7929	Colombia
9	52		CIAT-17480	Colombia
10	94		cv. Ipil-Ipil	-
11	95		cv. CNIA-250	-
12	63	<i>L. lanceolata</i>	CIAT-17255	Colombia
13	65		CIAT-17501	Colombia
14	152		CIAT-17253	Colombia
15	166	<i>L. diversifolia</i>	CIAT-17503	Colombia
16	107		CIAT-17270	Colombia
17	109	<i>L. macrophylla</i>	CIAT-17240	Colombia
18	110		CIAT-17233	Colombia
19	111		CIAT-17232	Colombia
20	113		CIAT-17238	Colombia
21	139		CIAT-17231	Colombia
22	124	<i>L. esculenta</i>	CIAT-17225	Colombia
23	130		CIAT-17229	Colombia

separó de forma manual en sus diferentes fracciones –el material comestible y el no comestible–, e inmediatamente se pesaron ambas partes y se calculó el valor de cada material por árbol.

Posteriormente se tomó una muestra de 300 g de forraje verde para determinar algunos de los indicadores de la composición bromatológica (proteína bruta, fibra bruta y calcio), según las técnicas descritas por la AOAC (1990). El contenido de P se determinó mediante el método de Amaral (1972). También se midió el grosor del tallo (en la base con un pie de rey) y la altura (con una regla graduada), y se contó el número de ramas por planta.

Procesamiento estadístico. Los datos de disponibilidad de biomasa de las accesiones de *Leucaena* spp. y sus componentes, al igual que los de la composición bromatológica, se sometieron a un ANOVA según el modelo lineal de clasificación simple, para lo cual se consideró el efecto de la época; las medias se compararon mediante la dócima de Duncan (Duncan, 1955) para un 5% de significación, después de verificar que cumplían con el ajuste de distribución normal y de homogeneidad de varianza.

Los resultados de los indicadores anteriores, así como los de la altura, el diámetro del tallo y el número de ramas, se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) (Morrison, 1967), en el cual se tomó como criterio aquellas componentes que presentaron valores propios superiores a 1 y factores de suma o de preponderancia mayor que 0,70. Asimismo, se aplicó el análisis de conglomerados para la agrupación y selección de las accesiones, basado en el criterio de la distancia euclidiana a partir de lo obtenido en el ACP (Torres *et al.*, 2006), y se determinaron los estadígrafos media y desviación estándar para las variables analizadas en estas etapas. De esta forma se dispuso de grupos de especies que permitieron hacer un análisis más sencillo y objetivo de su comportamiento. Todos los análisis se realizaron a través del programa estadístico SPSS® versión 11.5 para Microsoft Windows® (Visuata, 1998).

Afterwards, a 300 g sample of green forage was taken, to determine some indicators of the bromatological composition (crude protein, crude fiber and calcium), according to the techniques described by the AOAC (1990). The P content was determined through the method proposed by Amaral (1972). Stem diameter (at the base with a caliper) and height (with a graduated ruler) were also measured, and the number of branches per plant was counted.

Statistical processing. The biomass availability data of the *Leucaena* spp. accessions and their components, as well as those of bromatological composition, were subjected to an ANOVA, according to the simple classification lineal model, for which the effect of season was considered; the means were compared through Duncan's test (Duncan, 1955) for 5% significance, after verifying they fulfilled the normal distribution and variance homogeneity adjustments.

The results of the above-mentioned indicators, as well as those of height, stem diameter and number of branches were processed by means of the principal component analysis (PCA) (Morrison, 1967), in which those principal components that showed proper values higher than 1 and sum or preponderance factors higher than 0,70 were taken as criterion. Likewise, the cluster analysis was applied for the grouping and selection of the accessions, based on the criterion of the Euclidian distance from the results of the PCA (Torres *et al.*, 2006), and the stadigraphs mean and standard deviation were determined for the variables analyzed in these stages. Thus, species groups were available which allowed making a simpler and more objective analysis of their performance. All the analyses were made through the statistical program SPSS® version 11.5 for Microsoft Windows® (Visuata, 1998).

Results and Discussion

Table 3 shows the results of mean biomass production of the *Leucaena* accessions and their components, in the rainy as well as in the dry season of both years and significant differences were observed between seasons (except for total biomass).

Resultados y Discusión

En la tabla 3 se muestran los resultados de la producción media de biomasa de las accesiones de *Leucaena* y sus componentes, tanto en la época lluviosa como en la poca lluviosa de los dos años; hubo diferencias significativas entre las épocas, excepto para la biomasa total.

En este sentido, es válido señalar que en la época lluviosa la precipitación es mayor, al igual que la temperatura y la radiación solar, lo cual favorece el crecimiento de todas las especies. Ello pudiera estar determinado por su capacidad para la movilización de las reservas dentro de la planta, lo que facilitó la emisión de rebrotes, como ha ocurrido en la especie *Gliricidia sepium* (García *et al.*, 2001). Al respecto, Berninger *et al.* (2000) señalaron que las frecuencias de corte imponen cambios en la dinámica de todas las partes de la biomasa y, a su vez, en la movilización de las reservas de los carbohidratos, tan esenciales y determinantes para proporcionar el crecimiento de los rebrotes.

En cuanto a la cantidad de tallo leñoso (biomasa leñosa) también se observaron diferencias significativas entre las épocas, y la mayor producción ocurrió en la época poco lluviosa. Diferentes investigadores (Rosales *et al.*, 1999; Murgueitio, 2003) admiten, de manera general, que para todas las accesiones los intervalos de corte o ramoneo resultan en mayores cantidades de material leñoso, debido a la posibilidad que tiene la planta de invertir un mayor número de recursos en la formación de tejido leñoso, al

In this sense, it is valid to state that in the rainy season rainfall is higher, as well as temperature and solar radiation, which favors the growth of all the species. This could be determined by their capacity for reserve mobilization within the plant, which facilitated regrowth emission, as has occurred in the species *Gliricidia sepium* (García *et al.*, 2002). In this regard, Berninger *et al.* (2000) stated that cutting frequencies impose changes in the dynamics of all biomass parts and, in turn, in the mobilization of carbohydrate reserves, so essential and determinant to provide regrowth development.

Regarding the quantity of ligneous stem (ligneous biomass) significant differences were also observed between seasons. The highest production occurred in the dry season. Different researchers (Rosales *et al.*, 1999; Murgueitio, 2003) admit, in general, that for all the accessions the cutting or browsing intervals result in higher quantities of ligneous material, due to ability of the plant to invest a higher number of resources in the formation of ligneous tissue, by being cut in longer time periods. According to Hernández (2000), this increase is related to the calendar age of regrowths.

In the case of total biomass, no significant differences were found between seasons, maybe due to the penetration of *Leucaena* roots in the deep soil strata, which propitiates water extraction; together with this, it shows C₃ photosynthetic path, for which it needs less light intensity than grasses, which have C₄ photosynthetic path (Pérez-Infante, 1977;

Tabla 3. Producción media de biomasa según la época del año (kg MS/planta).
Table 3. Mean biomass production according to season (kg DM/plant).

Época	Biomasa comestible	Biomasa leñosa	Biomasa total
Primer año			
Época lluviosa	0,72	0,80	1,52
Época poco lluviosa	0,69	0,82	1,51
EE±	0,007*	0,007*	0,013
Segundo año			
Época lluviosa	0,71	0,79	1,51
Época poco lluviosa	0,68	0,81	1,49
EE±	0,006*	0,006*	0,012

*P<0,05, EE ±: Error estándar

cortarse en períodos de tiempo más prolongados. Según refiere Hernández (2000), este incremento guarda relación con la edad calendario de los rebrotes.

En el caso de la biomasa total no se encontraron diferencias significativas entre las épocas, debido quizá a la penetración de las raíces de la *Leucaena* en los estratos profundos del suelo, lo cual propicia la extracción del agua; unido a ello, presenta ruta fotosintética C_3 , por lo que necesita menos intensidad luminosa que las gramíneas, que tienen ruta fotosintética C_4 (Pérez-Infante, 1977; Simón, 1998). Este resultado coincide con el obtenido por Sánchez (2007). De igual forma, este comportamiento puede que se deba al corte realizado para conocer la disponibilidad de biomasa, ya que los intervalos entre cortes o la frecuencia con que es podada la planta es un factor determinante en la proporción de la fracción vegetal (biomasa total, comestible o leñosa), según lo planteado por Papanastasis *et al.* (1998).

Asimismo, esta conducta quizá esté condicionada por la mayor cantidad de sustancias de reserva acumuladas en el tallo y la raíz durante el período de reposo (establecimiento) que antecedió a la evaluación y que puede resultar más efectivo en unas accesiones que en otras, como se evidenció en la presente investigación. Ello coincide con los resultados de Sánchez *et al.* (2000) y García *et al.* (2001), quienes plantean que existe una relación directa entre los componentes de reserva en la producción de biomasa y la fortaleza del rebrote en las plantas arbóreas, así como una mayor inversión de recursos en los tejidos en la primera evaluación, debido a la máxima cantidad de reservas presentes en las plantas en el momento de la defoliación inicial, lo que hace que respondan con más vigor en su crecimiento.

En general, los valores de disponibilidad de las accesiones de *Leucaena* fueron satisfactorios, si se toma en consideración que fueron superiores a los encontrados por Toral *et al.* (2006) al evaluar el comportamiento del germoplasma arbóreo forrajero con especies de este género y de otros, lo que pudiera sugerir que dentro del sistema debe valorarse la inclusión

Simón, 1998). This result coincides with that obtained by Sánchez (2007). Likewise, this behavior may occur because of the cutting performed to know the biomass availability, because the intervals between cuttings or the pruning frequency is a determinant factor in the proportion of the plant fraction (total, edible or ligneous biomass), according to Papanastasis *et al.* (1998).

Likewise, this behavior is perhaps conditioned by the larger quantity of reserve substances accumulated in the stem and root during the resting time (establishment) which preceded the evaluation and which could be more effective in some accessions than in others, as was proven in this research. This coincides with the results obtained by Sánchez *et al.* (2000) and García *et al.* (2001), who stated that there is a direct relation between reserve components in biomass production and regrowth strength in trees, as well as a higher investment of resources on the tissues in the first evaluation, because of the maximum quantity of reserves present in the plants at the moment of the initial defoliation, which makes them respond with more vigor in their growth.

In general, the availability values of the *Leucaena* accessions were satisfactory, if it is taken into consideration that they were higher than those found by Toral *et al.* (2006) when evaluating the performance of the forage tree germplasm with species from this genus and others, which could suggest that within the system the inclusion of species from another genus, creating contrasting situations with regards to management, should be evaluated.

Table 4 shows the bromatological composition results of the accessions, in the rainy and dry seasons of both years. Significant differences were found ($P \leq 0,05$) in the crude fiber, crude protein, and calcium and phosphorus contents between seasons.

This coincides with what occurs frequently in other forage plants, such as grasses and herbaceous legumes, under similar agrotechnical conditions, in which the indicators undergo variation because of the season effect, which could be due to the fact that plant maturation is faster (Cáceres *et al.*, 2006).

de especies de otro género, que crearía situaciones contrastantes en relación con su manejo.

En la tabla 4 se presentan los resultados de la composición bromatológica de las accesiones, en las épocas lluviosa y poco lluviosa de los dos años. Se hallaron diferencias significativas ($P \leq 0,05$) en el contenido de fibra bruta, de proteína bruta, de calcio y de fósforo entre las épocas del año.

Esto coincide con lo que ocurre de forma frecuente con otras plantas forrajeras, como las gramíneas y las leguminosas herbáceas en similares condiciones agrotécnicas, donde los indicadores sufren variación por el efecto de la época, lo cual pudiera deberse a que la maduración de las plantas ocurre de forma más rápida (Cáceres *et al.*, 2006).

Los análisis de la composición bromatológica indicaron que las accesiones de *Leucaena* poseen contenidos de proteína bruta superiores a los de los pastos tropicales y en varios casos también a los de los concentrados comerciales. Los valores hallados superaron el 20%, lo cual coincide con lo informado por La O *et al.* (2005) y García *et al.* (2007). Resultados similares en cuanto a los contenidos proteínicos fueron reportados también para estas y otras accesiones de arbóreas por Galindo *et al.* (2005) y Cáceres *et al.* (2006). Los contenidos de proteína permiten aseverar que las especies y accesiones de este género tuvieron una elevada homogeneidad en este indicador. En el caso de la fibra puede que indique la poca variación presentada por estas plantas en la fracción fibrosa.

The bromatological composition analyses indicated that the *Leucaena* accessions have higher crude protein contents than tropical pastures and in some cases higher than commercial concentrates too. The values found exceeded 20%, coinciding with the reports by La O *et al.* (2005) and García *et al.* (2007). Similar results regarding protein contents were also reported for these and other tree accessions by Galindo *et al.* (2005) and Cáceres *et al.* (2006). The observed protein contents allow stating that the species and accessions of this genus had high homogeneity in this indicator. In the case of fiber, it is likely to indicate the little variation shown by these plants in the fibrous fraction.

For such reason, it would be valid to state that the results regarding the protein and fiber contents are closely related and depend on several factors, internal as well as external, among which the following are considered to be fundamental: species and variety, growth and development status, age, fertilization or soil fertility, use (or not) of irrigation, season, climate conditions, exploitation systems, animal species and supplementation with other feedstuffs (Cáceres *et al.*, 2006).

Regarding the last aspects mentioned, it should not be forgotten that as plants grow the need of support tissues and structural carbohydrates –cellulose, hemicellulose and lignin– increases, and the content of nitrogen substances and other organic substances decreases, and, consequently, their nutritional value (Díaz, 2006). Because of this, this indicator is maximal in young forages

Tabla 4. Composición bromatológica según la época del año (%).
Table 4. Bromatological composition according to season (%).

Época	FB	PB	Ca	P
Primer año				
Época lluviosa	19,93	25,96	1,88	0,19
Época poco lluviosa	22,90	23,96	1,76	0,17
EE±	0,459*	0,325*	0,038*	0,002*
Segundo año				
Época lluviosa	19,91	25,94	1,86	0,19
Época poco lluviosa	22,89	23,93	1,74	0,17
EE±	0,458*	0,323*	0,036*	0,002*

* $P < 0,05$; EE ±: Error estándar

Por ello, sería válido afirmar que los resultados en cuanto a los contenidos de proteína y de fibra están muy relacionados y dependen de varios factores, tanto internos como externos, entre los cuales se señalan como fundamentales los siguientes: la especie y la variedad, el estado de crecimiento y desarrollo, la edad, la fertilización o fertilidad del suelo, el uso (o no) de riego, la época del año, las condiciones climáticas, los sistemas de explotación, la especie animal y la suplementación con otros alimentos (Cáceres *et al.*, 2006).

En relación con los últimos aspectos mencionados, no debe olvidarse que a medida que las plantas crecen aumenta la necesidad de tejidos de sostén y de carbohidratos estructurales –celulosa, hemicelulosa y lignina–, así como disminuye el contenido de sustancias nitrogenadas y otras sustancias orgánicas y, por consiguiente, su valor nutritivo (Díaz, 2006). Debido a ello, este indicador es máximo en los forrajes jóvenes y se mantiene alto hasta el principio de la floración, para decrecer más o menos rápidamente, en dependencia de las condiciones climáticas, la fertilización (que pueden ejercer una influencia importante, al acelerar o retardar el estado fisiológico de la planta) y la especie o variedad.

Los contenidos de calcio y de fósforo en las accesiones se hallaron dentro del rango de valores para este género (Shelton y Brewbaker, 1994; Anon, 2000), pero se pueden catalogar como bajos para la producción animal. De ahí la necesidad de la suplementación a los animales que las pastorean (Sánchez, 2007), si se tiene en consideración su importancia en la reproducción de las vacas y en su metabolismo. Es significativo señalar que la carencia de fósforo en las dietas constituye un problema para la nutrición adecuada, debido al bajo contenido que presentan los pastos tropicales, lo cual se acentúa en los suelos deficientes en este mineral (Rolo, 1999). Se reconoce que la composición botánica del pastizal, la disponibilidad de materia seca y el valor nutritivo de los forrajes son indicadores indispensables para valorar la potencialidad de un sistema, tanto para la producción de leche como de carne,

and remains high until the beginning of flowering, to decrease more or less rapidly, depending on climate conditions, fertilization (which can exert an important influence by accelerating or delaying the physiological status of the plant) and the species or variety.

The phosphorus and calcium contents in the accessions were found within the value range for this genus (Shelton and Brewbaker, 1994 and Anon, 2000), but they can be classified as low for animal production. Hence the need of supplementation in the animals that graze them (Sánchez, 2007), if its importance in cow reproduction and metabolism is taken into consideration. It is significant to state that the lack of phosphorus in diets constitutes a problem for adequate nutrition, due to the low content shown by tropical pastures, which is stressed in soils with deficiency of this mineral (Rolo, 1999). It is acknowledged that the botanical composition of the pastureland, the dry matter availability and the nutritional value of forages are essential indicators to evaluate the potential of a system for milk as well as meat production, because they play a main role in the utilization of the available feedstuff by the animals.

According to the reports of several researchers (Valdés and Planas, 1999; Molina *et al.*, 2000), pastures and forages represent the most extended crop in Cuban agriculture and constitute the feeding basis of livestock. However, the inability of most species to achieve feed productions in the quantity and with the quality required has been proven (Gómez *et al.*, 2006).

Hence the inclusion of trees and shrubs in livestock production and the promotion of silvopastoral systems is due to the need to replace the ecotypes of low nutritional value and productivity (Guillot *et al.*, 2002), and besides, under the current conditions they are highly important due to the benefits they provide, among them the increase of biodiversity. That is why the introduction of new tree species and accessions is an important task for the improvement of the feeding diet of animals in terms of quantity and quality.

ya que desempeñan un papel fundamental en la utilización del alimento disponible por parte de los animales.

Según los informes de varios investigadores (Valdés y Planas, 1999; Molina *et al.*, 2000), los pastos y los forrajes representan el cultivo más extendido en la agricultura cubana y constituyen la base de la alimentación del ganado. No obstante, se ha demostrado la incapacidad que tienen la mayoría de las especies para lograr producciones de alimentos en la cantidad y con la calidad que requieren los animales (Gómez *et al.*, 2006).

De ahí que la inclusión de árboles y arbustos en la ganadería y el fomento de los sistemas silvopastoriles responda a la necesidad de reemplazar los ecotipos de bajo valor nutritivo y escasa productividad (Guillot *et al.*, 2002), y al aumento de la biodiversidad. Además, la introducción de nuevas especies y accesiones de arbóreas es una tarea importante para el mejoramiento de la dieta alimenticia de los animales en términos de cantidad y calidad.

Basado en el problema descrito, se procedió a seleccionar las accesiones de mejor comportamiento en función de los indicadores de la arquitectura de la planta. Para ello, se realizó un análisis de componentes principales (ACP), que permitió constatar que en la formación de las dos primeras componentes se extrajo el 72,95% de la variabilidad (tabla 5).

Based on the described problem, the accessions with better performance regarding the plant architecture indicators were selected. For that purpose, a principal component analysis (PCA) was conducted, allowing to detect that in the formation of the first two components 72,95% of the variability was extracted (table 6).

In the first component, the indicators that contributed the most in its formation were protein content, edible biomass availability, ligneous biomass availability, number of branches and fiber content, which were positively related among themselves and accounted for 57,13% of the variance; while the second component extracted 27,81% of the total variance, explained by the indicators plant height and stem diameter.

Although the fiber content is within the indicators with higher influence on the formation of CP₁, emphasis should be made on the fact that it contributes to the higher or lower consumption or utilization of the feedstuff. Generally, the more fibrous feedstuffs are less desirable (Iglesias *et al.*, 2006) by the animals and this has negative repercussion on animal production (on milk as well as meat production), although there should be an adequate balance between protein and fiber content to maintain the good functioning of the rumen. The found variability was related to highly important indicators, which can be evaluated as morphological components of plant yield, bromatological composition and architecture.

Tabla 5. Resultados del ACP y relación entre los indicadores evaluados.
Table 5. Results of the PCA and relation among the evaluated indicators.

Indicador	Componente principal	
	CP 1	CP 2
Altura de la planta (cm)	- 0,325	0,887
Grosor del tallo (cm)	0,604	0,716
Número de ramas	0,709	0,064
Biomasa comestible (kg MS/planta)	0,730	0,145
Biomasa leñosa (kg MS/planta)	0,708	0,212
Fibra cruda	0,700	- 0,554
Proteína bruta	0,843	0,597
Valor propio	3,17	1,22
Varianza (%)	57,13	27,81
Acumulado (%)	57,13	72,95

En la primera componente, los indicadores que más contribuyeron en su formación fueron el contenido de proteína, la disponibilidad de biomasa comestible, la disponibilidad de biomasa leñosa, el número de ramas y el contenido de fibra, los cuales estuvieron positivamente relacionados entre sí y explicaron el 57,13% de la varianza; mientras que la segunda componente extrajo el 27,81% de la varianza total, explicada por los indicadores altura de la planta y grosor del tallo.

A pesar de que el contenido de fibra se encuentra dentro de los indicadores que más influyeron en la formación de la CP₁, se debe enfatizar que esta contribuye a que el alimento sea más o menos consumido o aprovechado. Generalmente los alimentos más fibrosos son menos apetecibles (Iglesias *et al.*, 2006) por los animales y ello repercute de forma negativa en la producción animal (tanto en la producción de leche como en la de carne), a pesar de que debe existir un balance adecuado entre el contenido de proteína y el de fibra para mantener el buen funcionamiento del rumen. La variabilidad se relacionó con indicadores de gran importancia, los cuales pueden ser valorados como componentes morfológicos del rendimiento, de la composición bromatológica y de la arquitectura de la planta.

De acuerdo con el análisis de conglomerados se formaron tres grupos (tabla 6), teniendo en cuenta el criterio conjunto entre la estadística multivariada y el comportamiento biológico. Las accesiones del grupo I se caracterizaron por ser las plantas más altas y ramificadas, con un mayor rendimiento, disponibilidad de biomasa comestible y contenido de proteína respecto a las pertenecientes a los demás grupos formados; por tanto fueron las seleccionadas, ya que cumplieron seis de los criterios evaluativos. Dentro de este grupo se encuentran las accesiones *L. leucocephala* CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929 y CIAT-17480; *L. lanceolata* CIAT-17255 y CIAT-17501, y *L. diversifolia* CIAT-17270, además de las cuatro variedades conocidas como comerciales: *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. Perú, cv. Ipil-Ipil y cv. CNIA-250.

According to the cluster analysis, three groups were formed (table 6), taking into account the joint criterion between multivariate statistics and biological performance. The accessions of group I had the tallest and most branched plants, with higher yield, edible biomass availability and crude protein content as compared to the ones belonging to the others groups formed; thus, they were selected because they fulfilled six of the evaluative criteria. This group includes the accessions: *L. leucocephala* CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929 and CIAT-17480; *L. lanceolata* CIAT-17255 and CIAT-17501, and *L. diversifolia* CIAT-17270, in addition to the four varieties known as commercial: *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. Peru, cv. Ipil-Ipil and cv. CNIA-250.

The associations found among the different indicators are in correspondence with the information provided by several authors (Hughes, 1998a and García *et al.*, 2007), who reported relations among height, number of branches, stem diameter and biomass yield, etc.

It could be observed that there were significant differences in the rainy season as well as in the dry season of the two years, except for total biomass in the mean biomass production. In the bromatological composition, the values were observed to be higher in the rainy season than in the dry season. The *Leucaena* accessions showed protein contents higher than those of tropical pastures and in some cases higher than commercial concentrates too.

To continue the studies is recommended in order to determine, in the longer term, the effect of the evaluated factors on the botanical composition of the pastureland, the availability and persistence of the tree.

--End of the English version--

Las asociaciones halladas entre los diferentes indicadores se corresponden con lo señalado por diversos autores (Hughes, 1998a; y García *et al.*, 2007), quienes informaron asociaciones entre la altura, el número de ramas, el grosor del tallo y el rendimiento de biomasa, entre otros.

Tabla 6. Distribución de los individuos, medias y desviación estándar según el análisis de conglomerados.
Table 6. Distribution of the individuals, means and standard deviation according to the Cluster Analysis.

Indicador	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	X	DS	X	DS	X	DS
Altura de la planta (m)	6,77	0,21	4,32	0,17	6,25	0,07
Grosor del tallo (cm)	4,80	0,33	2,40	0,08	3,10	0,14
Número de ramas	164,60	2,76	123,57	1,82	113,25	3,18
Biomasa comestible (kg MS/planta)	0,70	0,07	0,64	0,26	0,64	0,02
Biomasa leñosa (kg MS/planta)	0,69	0,05	0,74	0,02	0,74	0,01
Proteína bruta (%)	26,75	1,54	22,62	0,39	24,79	0,21
Fibra bruta (%)	20,48	0,68	22,32	2,94	25,90	0,26
Grupo	Cantidad		Accesiones			
I	14		<i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham, cv. Perú, CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929, CIAT-17480, cv. Ipil-Ipil, cv. CNIA-250, <i>L. lanceolata</i> CIAT-17255, CIAT-17501, <i>L. diversifolia</i> CIAT-17270			
II	7		<i>L. lanceolata</i> CIAT-17253, <i>L. diversifolia</i> CIAT-17503, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17240, CIAT-17233, CIAT-17232, CIAT-17238, CIAT-17231			
III	2		<i>L. esculenta</i> CIAT-17225, CIAT-17229			

Se pudo constatar que hubo diferencias significativas tanto en la época lluviosa como en la poca lluviosa de los dos años, excepto para la biomasa total en la producción media de biomasa. En el caso de la composición bromatológica se pudo apreciar que los valores en la época lluviosa fueron superiores a los de la poca lluviosa. Las accesiones de *Leucaena* mostraron contenidos de proteína superiores a los de los pastos tropicales y en varios casos también a los de los concentrados comerciales.

Se recomienda continuar los estudios para determinar, a largo plazo, el efecto de los factores evaluados en la composición botánica del pastizal, la disponibilidad y la persistencia de la arborea.

Referencias bibliográficas

- Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana, Cuba. p. 41
- Alonso, J. 2003. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoril leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. Perú) y guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni). Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 109 p.
- Amaral, A. 1972. Técnicas analíticas para evaluar macronutrientes en ceniza de caña de azúcar. Laboratorio de caña. Escuela de Química. Universidad de la Habana.
- Anon. 2000. Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. *Pastos y Forrajes*. 23:105
- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C. 1298 p.
- Berninger, F. *et al.* 2000. Modelling of reserve carbohydrate dynamics, regrowth and nodulation in a N₂-fixing tree managed by periodic prunings. *Plant, Cell and Environment*. 23:1025
- Cáceres, O. *et al.* 2006. Valor nutritivo de los principales recursos forrajeros en el trópico. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. (Ed. Milagros Milera). EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 231
- Díaz, Maykelis. 2006. Fisiología del crecimiento y el desarrollo. En: Compendio de Conferencias del Programa de la Maestría en Pastos y Forrajes. Curso: Fundamentos de la Producción de Pastos. Matanzas, Cuba. 25 p.
- Duncan, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*. 11:1

- Galindo, Juana *et al.* 2005. Impacto de los árboles, los arbustos y otras leguminosas en la ecología ruminal de animales que consumen dietas fibrosas. *Pastos y Forrajes*. 28:59
- García, D.E. *et al.* 2007. Variabilidad fitoquímica y repercusión antinutricional potencial en especies del género *Albizia*. *Pastos y Forrajes*. 29:153
- García, H. *et al.* 2001. Dynamics of non-structural carbohydrates and biomass yield in a fodder legume tree under different harvest intensities. *Tree Physiol.* 21:523
- Gómez, I. *et al.* 2006. Selección de especies de leguminosas forrajeras en el Valle del Cauto. *Pastos y Forrajes*. 29:237
- Guillot, J. *et al.* 2002. Hierba buffel: una solución para la ganadería de la franja costera sur de Guantánamo. *Rev. ACPA*. 21 (3):14
- Hernández, A. *et al.* 2003. Nuevos aportes a la Clasificación genética de suelos en el ámbito nacional e internacional. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. La Habana, Cuba. 145 p.
- Hernández, I. 2000. Utilización de las leguminosas arbóreas *L. leucocephala*, *A. lebeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Tesis presentada en opción al grado de Dr. en Ciencias Agrícolas. Instituto de Ciencia Animal. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 118 p.
- Hughes, C.E. 1998. *Leucaena*. Manual de Recursos Genéticos. No. 37. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford. p. 91
- Ibrahim, M. & Mora, J. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: Memorias de una conferencia electrónica "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales". (Eds. M. Ibrahim, J. Mora y M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 10
- Iglesias, J.M. *et al.* 2006. Sistemas de pastoreo para el engorde bovino. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. (Ed. Milagros Milera). EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 386
- La O, O. *et al.* 2005. Degradabilidad ruminal de materia seca y nitrógeno total de 6 ecotipos de *Leucaena*. *Revista cubana de Ciencia agrícola*. 37:267
- Lamela, L. 1998. Métodos de muestreo y mediciones en sistemas silvopastoriles. En: Compendio de Conferencias para el Diplomado en Silvopastoreo. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.
- Llamas, E. *et al.* 2001. Trees forage production and quality on a quarry soil in Mérida, Yucatán, México. In: International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress of Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 355
- Molina, A. *et al.* 2000. Alternativas tecnológicas para la producción de leche y carne en las actuales condiciones de Cuba. *Rev. ACPA*. 19 (1):39
- Morrison, D. 1967. Multivariate statistical methods. Mc Graw-Hill Book Company. New York, USA. 150 p.
- Murgueitio, E. 2003. Investigación participativa en sistemas silvopastoriles integrados: La experiencia de CIPAV en Colombia. En: Taller Internacional Ganadería Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. 207 p.
- Papanastasis, V.P. *et al.* 1998. Effects of age and frequency of cutting on productivity of Mediterranean deciduous fodder tree and shrub plantations. *Forest Ecology and Management*. 110:283
- Pérez-Infante, F. 1977. Posibilidades de los pastos en el trópico. *Revista cubana de Ciencia agrícola*. 11:119
- Rolo, R. 1999. Relación nutrición-fertilidad en la hembra bovina. Memorias. II Congreso Nacional de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colegio de Médicos Veterinarios de Honduras. s/p
- Rosales, M. *et al.* 1999. Conclusiones y evaluaciones de la conferencia electrónica Agroforestería para la producción animal en América Latina. FAO. Roma. p. 492
- Sánchez, A. *et al.* 2000. Efecto de corte en la arquitectura de la *L. leucocephala* regada por goteo artesanal. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 235
- Sánchez, Tania. 2007. Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con vacas Mambí de Cuba en condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. La Habana, Cuba. 103 p.

- Shelton, H.M. & Brewbaker, J.L. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume. (Eds. R. C. Gutteridge and H. M. Shelton). CAB International, UK. p. 15
- Simón, L. 1998. Del monocultivo de pastos al silvopastoreo: La experiencia de la EEPF "Indio Hatuey". En: Los árboles y arbustos en la ganadería. Tomo 1. Silvopastoreo. (Ed. L. Simón). EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 9
- Toral, Odalys *et al.* 2006. Comportamiento del germoplasma arbóreo forrajero en condiciones de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 29:337
- Torres, Verena *et al.* 2006. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. Informe técnico. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Valdés, G. & Planas, T. 1999. Ganadería de cría y alimentación. *Rev. ACPA*. 18 (1):47
- Visuata, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Vol. II. Estadística multivariante. Ed. C. Fernández. Madrid, España. p. 24

Recibido el 3 de julio del 2011
Aceptado el 28 de noviembre del 2011