

## Capacidad de recuperación de 23 accesiones de *Leucaena* spp. después de la poda

### Recovery capacity of 23 *Leucaena* spp. accessions after pruning

Hilda B. Wencomo<sup>1</sup> y R. Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

E-mail: hilda.wencomo@indio.atenas.inf.cu

<sup>2</sup>. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba

#### Resumen

Se evaluaron 23 accesiones de *Leucaena* spp. durante dos años, con el objetivo de conocer la variabilidad existente en la población en cuanto a la capacidad de recuperación después de la poda. Cuando las plantas sobrepasaban los 2 m, se realizó la poda de uniformidad a un 1 m de altura sobre el nivel del suelo. Las mediciones fueron: el grosor del tallo, el número de rebrotes y su longitud con una frecuencia semanal, a partir de lo cual se calculó la velocidad de crecimiento de cada accesión; además se determinó el rendimiento. El análisis de componentes principales, el de conglomerados y el de regresión lineal simple se realizaron a través del programa estadístico SPSS versión 11.5 para Microsoft Windows®. Se observó variabilidad en los indicadores evaluados (86,11% acumulado en la componente) y todos contribuyeron a su explicación. A su vez, el análisis de conglomerados permitió la formación de tres grupos. Se concluye que todas las accesiones presentaron capacidad de recuperación después de la poda, con diferencias entre ellas. Las accesiones *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, cv. Perú, CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929, CIAT-17480, cv. Ipil-Ipil y cv. CNIA-250; *L. lanceolata* CIAT-17255 y CIAT-17501 y *L. diversifolia* CIAT-17270 fueron las de mayor capacidad de recuperación. Por ello se recomienda, en futuras investigaciones relacionadas con la caracterización, evaluación y selección de estas especies, realizar estudios que incluyan su persistencia en el tiempo bajo condiciones de poda, así como su empleo en el fomento de nuevos sistemas silvopastoriles.

Palabras clave: Comportamiento, *Leucaena* spp., poda

#### Abstract

Twenty three *Leucaena* spp. accessions were evaluated for two years, in order to know the variability existing in the population regarding the recovery capacity after pruning. When the plants were higher than 2 m, the uniformity pruning was made at 1 m above the soil level. The measurements were: stem diameter, number of regrowths and their length with a weekly frequency, from which the growth rate of each accession was calculated; in addition, yield was determined. The main component, cluster and simple lineal regression analyses were made through the statistical program SPSS version 11.5 for Microsoft Windows®. Variability was observed in the evaluated indicators (86,11% accumulated in the component) and they all contributed to its explanation. In turn, the cluster analysis allowed the formation of three groups. All the accessions were concluded to show recovery capacity after pruning, with differences among them. The accessions *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, cv. Peru, CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929, CIAT-17480, cv. Ipil-Ipil and cv. CNIA-250; *L. lanceolata* CIAT-17255 and CIAT-17501 and *L. diversifolia* CIAT-17270 were the ones with higher recovery capacity. For such reason it is recommended, in future studies related to the characterization, evaluation and selection of these species, to make studies including their persistence in time under pruning conditions, as well as their use in the development of new silvopastoral systems.

Key words: Performance, *Leucaena* spp., pruning

### Introducción

La fisiología de la defoliación y el rebrote constituyen asuntos medulares de la biología de las plantas, ya que son elementos básicos del manejo de los pastizales. En el orden práctico se busca respuesta a la influencia de la altura y la frecuencia de defoliación (corte o pastoreo) en la dinámica de crecimiento y en el rendimiento durante el período de rebrote. La biomasa aérea de los árboles y los arbustos presentes en los sistemas silvopastoriles proporciona una parte de los alimentos a los animales que allí se desarrollan, por lo que el conocimiento adecuado de su manejo es fundamental para lograr un mayor nivel y estabilidad en la producción de biomasa a través de todo el año.

La especie *Leucaena leucocephala* es una de las más estudiadas y utilizadas en los sistemas silvopastoriles (Hernández *et al.*, 2000), lo cual está avalado por su alto valor proteínico, entre otros aspectos; además se utiliza como fuente de sombra (Molina *et al.*, 2001), para conservar y mejorar el suelo, producir grandes cantidades de biomasa y reciclar los nutrientes (Sánchez, 2007); tiene la capacidad de rebrotar después de ramoneada o cosechada de forma mecánica y de restablecerse rápidamente del estrés biótico o abiótico (Ruiz y Febles, 2001), aspecto muy importante a tener en cuenta cuando se emplea en dichos sistemas. A pesar de ello, el comportamiento entre las accesiones es diferente.

Atendiendo a las características mencionadas se inició un estudio de evaluación de 23 accesiones pertenecientes a una colección del género *Leucaena*, con el objetivo de conocer la variabilidad existente en la población en cuanto al comportamiento de la capacidad de recuperación después de la poda.

### Materiales y Métodos

*Ubicación del área experimental.* El estudio se realizó 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

### Introduction

The physiology of defoliation and regrowth constitutes an essential issue of plant biology, because they are basic elements of pasture management. In the practical order, a response is sought to the influence of defoliation (pruning or grazing) height and frequency on the growth dynamics and yield during the regrowth period. The aerial biomass of the trees and shrubs present in silvopastoral systems provides part of the feedstuffs to the animals developed there, for which the adequate knowledge of its management is essential to achieve a higher level and stability in biomass production throughout the year.

The species *Leucaena leucocephala* is one of the most studied and utilized in silvopastoral systems (Hernández *et al.*, 2000), which is endorsed by its high protein value, among other aspects; in addition it is used as shade source (Molina *et al.*, 2001), for preserving and improving the soil, producing large biomass amounts and recycling nutrients (Sánchez, 2007); it has regrowth capacity after being browsed or harvested mechanically and capacity to recover rapidly from biotic or abiotic stress (Ruiz and Febles, 2001), a very important aspect to be taken into consideration when this plant is used in such systems. In spite of that, the performance among accessions is different.

Paying attention to the above-mentioned characteristics, an evaluation study of 23 accessions belonging to a collection of the *Leucaena* genus was started, in order to know the variability existing in the population regarding the performance of the recovery capacity after pruning.

### Materials and Methods

*Location of the experimental area.* The study was conducted 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

municipio de Perico, provincia de Matanzas, Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

*Características del clima.* La suma promedio de la precipitación de los dos años fue de 2 462,3 mm. La lluvia caída durante la estación lluviosa (mayo-octubre) representó, como promedio, el 79,8% del volumen total anual. 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 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 1) representativas de la población (de cada una de ellas se evaluaron cuatro plantas durante dos años).

La poda se efectuó en el período poco lluvioso, específicamente en el mes de noviembre de cada año según lo propuesto por Hernández (2000). Cuando las plantas sobrepasaban los 2 m de altura (entre 3 y 4 m) se realizó la poda a un 1 m sobre el nivel del suelo, de acuerdo con lo recomendado por Francisco *et al.* (1998).

Las mediciones relacionadas con la capacidad de recuperación de las accesiones fueron: el número de ramas, el grosor del tallo (en la base, con un pie de rey) y el número de rebrotes. Para esta última se realizó el conteo de los rebrotes emitidos por las plantas y se midió su longitud (con una regla graduada), con una frecuencia semanal.

Este procedimiento se hizo en los cinco rebrotes más desarrollados (Toral *et al.*, 2006) hasta que las plantas podadas alcanzaron los 2 m o más de longitud y se determinó además el rendimiento.

municipality, Matanzas province, Cuba (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

*Climate characteristics.* The average addition of the rainfall of two years was 2 462,3 mm. The rainfall during the rainy season (May-October) represented, as average, 79,8% of the total annual volume. The evaporation in the zone increased since January, with maximum values in April (220 mm). The average annual relative humidity was 82,6%, with the highest value in July (89,0%) and the lowest one in April (75,5%).

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

#### *Experimental procedure*

*Plant material.* From the 180 accessions existing in the *Leucaena* spp. collection that are preserved in the germplasm bank of the Station, 23 were taken (table 1), representative of the population (four plants from each one were evaluated for two years).

The pruning was done in the dry season, specifically in November of each year according to the proposal made by Hernández (2000). When the plants were higher than 2 m (between 3 and 4 m), pruning was made at 1 meter above the soil level, according to the recommendation made by Francisco *et al.* (1998).

The measurements related to the recovery capacity of the accessions were: number of branches, stem diameter (at the base, with a caliper) and number of regrowths. For the latter the regrowths produced by the plants were counted and their length was measured (with a graduated ruler), with a weekly frequency.

This procedure was made in the five most developed regrowths (Toral *et al.*, 2006) until the pruned plants reached 2 m of height or more and the yield was also determined.

*Statistical processing.* The data were processed through the principal component

Tabla 1 Accesiones estudiadas y su procedencia.  
Table 1. 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	<i>L. lanceolata</i>	cv. CNIA-250	-
12	63		CIAT-17255	Colombia
13	65		CIAT-17501	Colombia
14	152	<i>L. diversifolia</i>	CIAT-17253	Colombia
15	166		CIAT-17503	Colombia
16	107	<i>L. macrophylla</i>	CIAT-17270	Colombia
17	109		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

Clave: número considerado en su entrada en la Estación

*Procesamiento estadístico.* Los datos se procesaron mediante el análisis de componentes principales (ACP) (Morrison, 1967), en el cual se tomó como criterio de análisis aquellas componentes principales que presentaron valores propios superiores a uno y factores de suma o de preponderancia mayor que 0,70.

Posteriormente se aplicó el análisis de conglomerados para la agrupación y selección de las accesiones, utilizando como criterio 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.

Se utilizó además el análisis de regresión lineal para conocer los modelos de mejor ajuste y la relación funcional entre las variables número de rebrotes y su longitud. Este análisis identifica el modelo o función que une las variables, estima sus parámetros y, eventualmente, prueba la hipótesis acerca de ellos. Una vez estimado el

analysis (PCA) (Morrison, 1967), in which those principal components that showed proper values higher than one and sum or preponderance factors higher than 0,70 were taken as analysis criterion.

Afterwards, the cluster analysis was applied for the grouping and selection of the accessions, using as criterion the Euclidean distance, from the results in the PCA (Torres *et al.*, 2006), and the stadigraphs mean and standard deviation were determined for the analyzed variables.

In addition, the lineal regression analysis was used in order to know the best adjustment models and the functional relationship between the variables regrowth number and length. This analysis identifies the model or function that joins the variables, estimates its parameter and, eventually, tests the hypothesis about them. Once the model is estimated, it is possible to predict the value of the dependent variable regarding the other independent variable(s), and provide a measure of the precision of that estimation. The days were

modelo es posible predecir el valor de la variable dependiente en función de la (s) otra (s) variable (s) independiente (s), y dar una medida de la precisión de esa estimación. Se consideró como variable independiente los días y como variable dependiente, el número de rebrotes y su longitud.

Como norma de selección de la ecuación de mejor ajuste se tomaron en consideración los criterios de Guerra *et al.* (2003): nivel de significación, coeficiente de determinación,  $R^2$  mayor que 0,70, varianza residual  $V(e)$ , análisis de residuos ( $e_i$ ) y el error estándar de los parámetros estimados  $ES(\hat{\alpha}_i)$ . Todos los análisis se realizaron a través del programa estadístico SPSS versión 11.5 para Microsoft Windows® (Visuata, 1998).

**Selección de las accesiones.** En el proceso de selección se evaluó el comportamiento de cada accesión en las variables que más contribuyeron en la formación de los componentes (tabla 2) y se tomó en consideración algunas de las características deseables (en este caso agronómicas) que deben reunir los árboles y arbustos utilizados en los sistemas silvopastoriles, según criterios de Borel (1997), Gómez *et al.* (2002) y Simón *et al.* (2005). Se estableció que las accesiones seleccionadas debían cumplir con todos o con dos de los criterios evaluativos considerados.

## Resultados y Discusión

Al realizar el análisis de componentes principales se obtuvo una sola componente, la cual explicó el 86,11% de la varianza total (tabla 3); a ello contribuyeron todos los indicadores evaluados.

La variabilidad mostrada a través de los indicadores puede que se deba a la alta relación que existió entre estos, o a la dinámica de crecimiento de cada accesión en particular (Dávila y

considered independent variable and as independent variable: regrowth number and length.

As selection norm of the best adjustment equation, the criteria proposed by Guerra *et al.* (2003) were taken into consideration: significance level, determination coefficient,  $R^2$  higher than 0,70, residual variance  $V(e)$ , residue analysis ( $e_i$ ) and the standard error of the estimated parameters  $SE(\hat{\alpha}_i)$ . All the analyses were made through the statistical program SPSS version 11.5 for Microsoft Windows® (Visuata, 1998).

**Selection of the accessions.** In the selection process the performance of each accession was evaluated in the variables that contributed the most to the formation of the components (table 2) and some desirable characteristics (in this case agronomic ones) that the trees and shrubs used in silvopastoral systems should have, according to Borel (1997), Gómez *et al.* (2002) and Simón *et al.* (2005). It was established that the selected accessions should fulfill all or two of the evaluative criteria considered.

## Results and Discussion

When making the principal component analysis only one component was obtained, which accounted for 86,11% of the total variance (table 3); to this all the evaluated indicators contributed.

The variability shown through the indicators is probably due to the high relationship that existed among them, or the growth dynamics of each particular accession (Dávila and Urbano, 1996), which can be related to the reserve accumulated by the plants and to the utilization capacity and it is expression of the particular genetic potential of the *Leucaena* species. Such aspect is of high interest for silvopastoral systems, because the capacity to regrow, as well as their adequate

Tabla 2. Criterios evaluados para la selección de las especies.

Table 2. Criteria evaluated for species selection.

Variable	Límite de los criterios
Rendimiento de MS anual (kg/planta)	Mayor que 0,75 kg/planta
Respuesta a la poda o el ramoneo	Capaz de rebrotar más de 0,25 cm/día
Altura para el inicio de la poda	De 1,50 m a 2 m (en un período no mayor de 14 meses)



Tabla 3. Resultados del ACP y relación entre los indicadores evaluados.

Table 3. PCA results and relationship among the evaluated indicators.

Indicador	Componente principal
	CP 1
Longitud del rebrote (cm)	0,888
Número de ramas	0,865
Grosor del tallo (cm)	0,917
Rendimiento (kg MS/planta)	0,979
Número de rebrotes	0,985
Valor propio	4,31
Varianza acumulada (%)	86,11

Urbano, 1996), lo cual puede estar relacionado con la reserva acumulada por las plantas y con la capacidad de utilización, y es expresión de la potencialidad genética particular de las especies de *Leucaena*. Dicho aspecto es de sumo interés para los sistemas silvopastoriles, ya que la capacidad para rebrotar, así como su adecuado desarrollo y rápido crecimiento, determinan su utilización y pueden contribuir como indicadores de suma importancia a la selección de especies y accesiones forrajeras.

Es importante enfatizar lo señalado por Seguí *et al.* (1989), quienes plantearon que el conocimiento de las relaciones entre los caracteres de interés agronómico desempeña un papel significativo en el proceso de selección, e indicaron que pueden ser ventajosas o no (relaciones deseables o no deseables). De esta forma, las accesiones que combinen caracteres deseables, como aceptable longitud de los rebrotes y número de rebrotes, se convierten en un material a considerar para los fines de explotación en los sistemas silvopastoriles, en los que coexisten animales y plantas.

El análisis de conglomerados sobre la base de los resultados del ACP durante esta etapa, permitió la formación de tres grupos (tabla 4). De acuerdo con los resultados, las accesiones *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. Perú, CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929, CIAT-17480, cv. Ipil-Ipil y cv. CNIA-250; *Leucaena lanceolata* CIAT-17255 y CIAT-17501; y *Leucaena*

development and fast growth, determine their utilization and can contribute as very important indicators to the selection of forage species and accessions.

It is important to emphasize the statements made by Seguí *et al.* (1989), who declared that the knowledge of the relationships among characters of agronomic interest plays a significant role in the selection process, and indicated that they can be advantageous or not (desirable or undesirable relationships). Thus, the accessions that combine desirable characters, as acceptable regrowth length and number, become a material to be considered for exploitation purposes in silvopastoral systems, in which animal and plants coexist.

The cluster analysis based on the results of the PCA during this stage, allowed the formation of three groups (table 4). According to the results, the accessions *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. Peru, CIAT-9119, CIAT-9438, CIAT-751, CIAT-7988, CIAT-7384, CIAT-7929, CIAT-17480, cv. Ipil-Ipil and cv. CNIA-250; *Leucaena lanceolata* CIAT-17255 and CIAT-17501 and *Leucaena diversifolia* CIAT-17270, belonging to group I, were the plants with higher number of branches, regrowth length, diameter, number of regrowths and yield, with regards to the accessions from groups II and III.

Figure 1 shows a line diagram with an adjustment curve that approaches the relationship between the number of regrowths and the days in each of the groups formed, where the

Tabla 4. Distribución de los individuos, media y desviación estándar según el análisis de conglomerados.

Table 4. Distribution of individuals, mean and standard deviation according to the cluster analysis.

Indicador	Grupo I		Grupo II		Grupo III	
	X	DS	X	DS	X	DS
Longitud del rebrote (cm)	6,37	0,25	5,32	0,17	5,83	0,02
Número de ramas	288,05	2,17	207,35	33,65	81,75	1,06
Grosor del tallo (cm)	22,31	0,27	13,04	3,93	13,60	0,14
Rendimiento (kg MS/planta)	28,81	0,38	21,90	0,88	21,90	0,14
Número de rebrotes	46,95	0,48	35,41	1,88	31,55	0,21
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			

*diversifolia* CIAT-17270, pertenecientes al grupo I, se caracterizaron por ser las plantas con mayor número de ramas, longitud de los rebrotes, grosor, número de rebrotes y rendimiento, con respecto a las accesiones de los grupos II y III.

En la figura 1 se muestra un diagrama de líneas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre el número de rebrotes y los días en cada uno de los grupos formados, donde se nota la tendencia ascendente en la emisión de nuevos rebrotes en cada uno de los grupos, a medida que transcurrían los días. El modelo que explicó con mayor bondad de ajuste esta relación ( $R^2=0,98^{***}$ ,  $R^2=0,96^{***}$  y  $R^2=0,97^{***}$  respectivamente) fue el cuadrático. Como se puede observar, para todas las accesiones en los primeros 28 días hubo una lenta emisión de nuevos rebrotes, y a partir de los 35 días fue rápido su incremento, fundamentalmente en las que formaron el grupo I. En sentido general, estas accesiones tuvieron una capacidad de recuperación ascendente después de la poda, aspecto que pudo estar influido por su capacidad para reciclar las reservas acumuladas durante el período de establecimiento.

increasing trend is observed in the production of new regrowths in each group, as the days passed. The model that explained with the best adjustment this relationship ( $R^2=0,98^{***}$ ,  $R^2=0,96^{***}$  and  $R^2=0,97^{***}$ , respectively) was the quadratic one. As can be observed, for all the accessions in the first 28 days there was a slow emission of new regrowths, and after 35 days their increase was fast, mainly in the ones that formed group I. In general, these accessions had an increasing recovery capacity after pruning, aspect that could have been influenced by their capacity to recycle the reserves accumulated during the establishment period.

This performance might be specific of the species (Pezo and Ibrahim, 1999), but it is also possible to ascribe it to the following factors: the distribution of non-structural carbohydrate reserves among the different parts of the plant (aerial and underground), the photosynthetic capacity of the residual leaf area (Greaves *et al.*, 1999), the presence of an adequate area of reserving parenchymatous tissue and active meristematic tissue; and the mobilization and utilization capacity of those reserves. They are necessary for

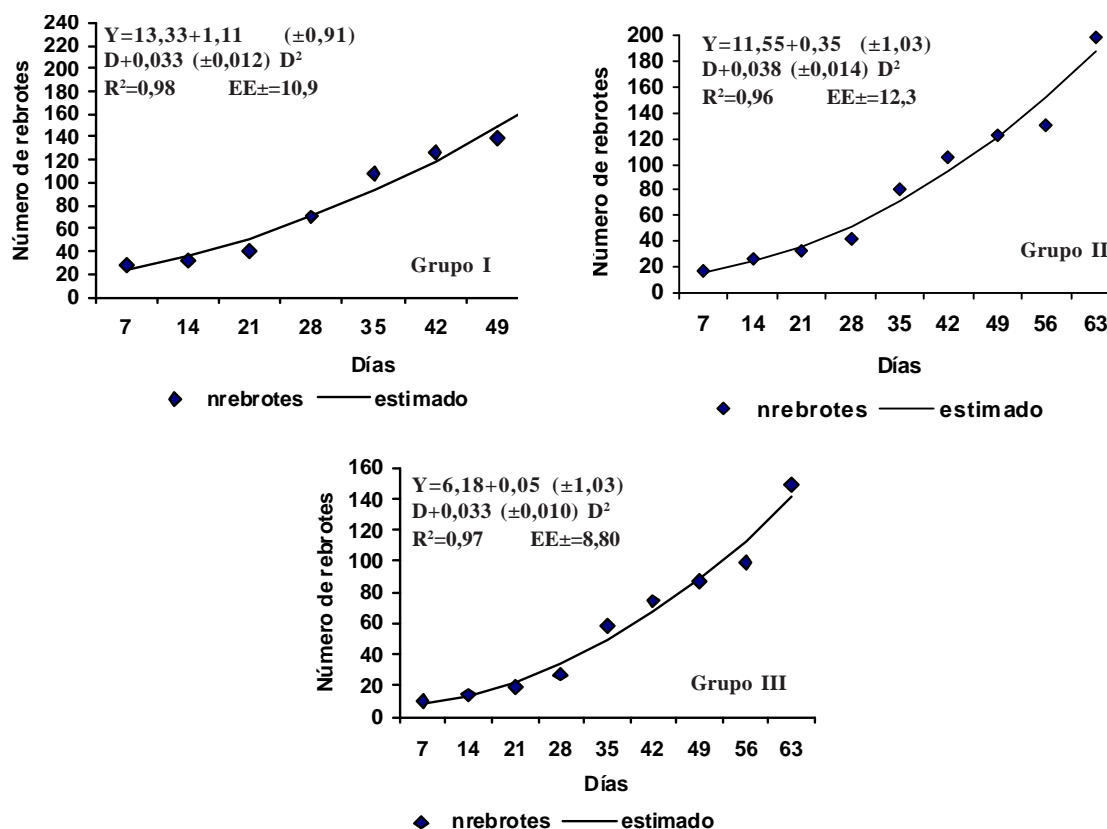


Figura 1. Diagrama de líneas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre el número de rebrotes y los días, por grupos.

Figure 1. Line diagram with an adjustment curves that approaches the relationship between regrowth number and days per group.

Este comportamiento quizás sea de índole específica de la especie (Pezo e Ibrahim, 1999), pero también es posible atribuirlo a los siguientes factores: la repartición de las reservas de carbohidratos no estructurales entre las diferentes partes de la planta (aérea y subterránea), la capacidad fotosintética del área foliar residual (Greaves *et al.*, 1999), la presencia de un área adecuada de tejido parenquimático reservante y de tejido meristemático activo; y la capacidad de movilización y utilización de esas reservas. Estos son necesarios para el desarrollo del rebrote (Francisco y Simón, 2001) y en esta investigación se manifestaron de forma más eficiente en las accesiones pertenecientes al grupo I que en las de los demás grupos.

En estudios anteriores se determinó que las plantas de este género, especialmente de la

regrowth development (Francisco and Simón, 2001) and in this study they were more efficiently manifested in the accessions belonging to group I than in the other groups.

In previous studies the plants of this genus, especially of the species *L. leucocephala*, have high regrowth capacity even in the dry season, due to the characteristics of their root system, which has a high component of permanent structural roots, as well as a system of fine roots responsible for water and nutrient uptake in the deepest soil layers (Pezo and Ibrahim, 1999).

In this regard, Ruiz and Febles (1987) referred that the plants of the *Leucaena* genus, especially the accessions of *L. leucocephala*, have regrowth capacity after defoliation or browsing. In the case of the other species, it is not exactly



especie *L. leucocephala*, poseen alta capacidad de rebrote aun en plena sequía, debido a las características de su sistema radical, el cual tiene un alto componente de raíces permanentes estructurales, así como un sistema de raicillas que son las responsables de la asimilación de agua y nutrientes en las capas más profundas del suelo (Pezo e Ibrahim, 1999).

Al respecto Ruiz y Febles (1987) refirieron que las plantas del género *Leucaena*, especialmente las accesiones de *L. leucocephala*, tienen la capacidad de rebrotar después de la defoliación o el ramoneo. En el caso de las demás especies no se conoce con exactitud cómo ocurre, por ser las menos utilizadas tanto nacional como internacionalmente en las investigaciones. No obstante, en la presente investigación se comportó de forma diferente, tanto entre especies como entre accesiones.

En relación con lo planteado, existe un consenso generalizado de que las reservas son importantes en los primeros días de rebrote (entre seis y ocho semanas), y que a partir de ese momento el área foliar es capaz de suplir los carbohidratos y otras sustancias necesarias para el aumento ulterior; ello se hace evidente cuando se produce un reposo prolongado, sobre todo durante el período poco lluvioso. Sin embargo, este comportamiento en los primeros días puede ser variable, como se observó en las accesiones pertenecientes a los grupos II y III, en las cuales la variabilidad se evidenció más que en las accesiones del grupo I (fig. 1). En investigaciones realizadas al respecto en Cuba, Díaz (2006b) demostró que el consumo de lípidos fue intenso entre las primeras dos y cuatro semanas, y que varió para el período lluvioso y el poco lluvioso.

A su vez, los elementos anteriores están vinculados con la disponibilidad de los recursos abióticos, como el agua y los nutrientes, y las deficiencias nutricionales y el estrés hídrico disminuyen el rango de formación del rebrote y la actividad del tejido fotosintético. Ello puede acelerar la senescencia de la hoja y disminuir la producción de biomasa comestible, aspectos que suceden independientemente de las similitudes y contrastes que existen entre los grupos e incluso

known how it occurs, because they are less utilized in research nationally and internationally. Nevertheless, in this study it behaved differently, among species as well as among accessions.

Regarding the above-expressed, there is generalized consensus on the fact that reserves are important in the first regrowth days (between six and eight weeks), and that from that moment on the leaf area is capable of supplying carbohydrates and other substances necessary for the later increase; this is evident when long resting occurs, especially during the dry season. Yet, this performance in the first days can be variable, as it was observed in the accessions belonging to groups II and III, in which the variability was more evident than in the accessions of group I (fig. 1). In studies conducted in this regard in Cuba, Díaz (2006b) proved that the lipid consumption was intense between the first two and four weeks, and varied for the rainy and the dry season.

In turn, the previous elements are linked to the availability of abiotic resources, such as water and nutrients, and nutritional deficiencies and hydric stress decrease the regrowth formation range and the photosynthetic tissue activity. This can accelerate the leaf senescence and decrease the production of edible biomass, aspects that occur independently from the similarities and contrasts that exist among the groups and even among the accessions that form them, as it likely happened in this study.

Figure 2 shows a line diagram with an adjustment curve that approaches the relationship between regrowth length and the days, in each of the groups formed. The model that explained with best adjustment this relationship ( $R^2=0,95^{***}$ ,  $R^2=0,95^{***}$  and  $R^2=0,96^{***}$ , respectively) was the cubic one. It is observed that as the days passed there was an increase in length (growth rate) of the regrowths for the three groups until 56 days, independently from the particular response of the accessions in them; although similarly to regrowth emission, their growth for group I was faster than for group II. However, between 56 and 63 days the growth

entre las accesiones que los forman, como pudo haber ocurrido en esta investigación.

En la figura 2 se muestra un diagrama de líneas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre la longitud de los rebrotes y los días, en cada uno de los grupos formados. El modelo que explicó con mayor bondad de ajuste esta relación ( $R^2=0,95^{***}$ ,  $R^2=0,95^{***}$  y  $R^2=0,96^{***}$  respectivamente) fue el cúbico. Se observa que a medida que transcurrieron los días hubo un incremento en la longitud (velocidad de crecimiento) de los rebrotes para los tres grupos hasta los 56 días, independiente de la respuesta

rate decreased, which coincided with the height of 2,48 and 180,6 cm.

In group I (table 4) the grouping of three accessions was detected (*L. lanceolata* CIAT-17255 and CIAT-17501, and *L. diversifolia* CIAT-17270), which are not from the species *L. leucocephala*, which could indicate that in them the growth rate of regrowths is very similar to that of this species, in which not only the accession in question has influence, but also the integration of several factors. In this sense, Voisin (1963) referred that all plants in their growth dynamics, under stable climatic conditions, des-

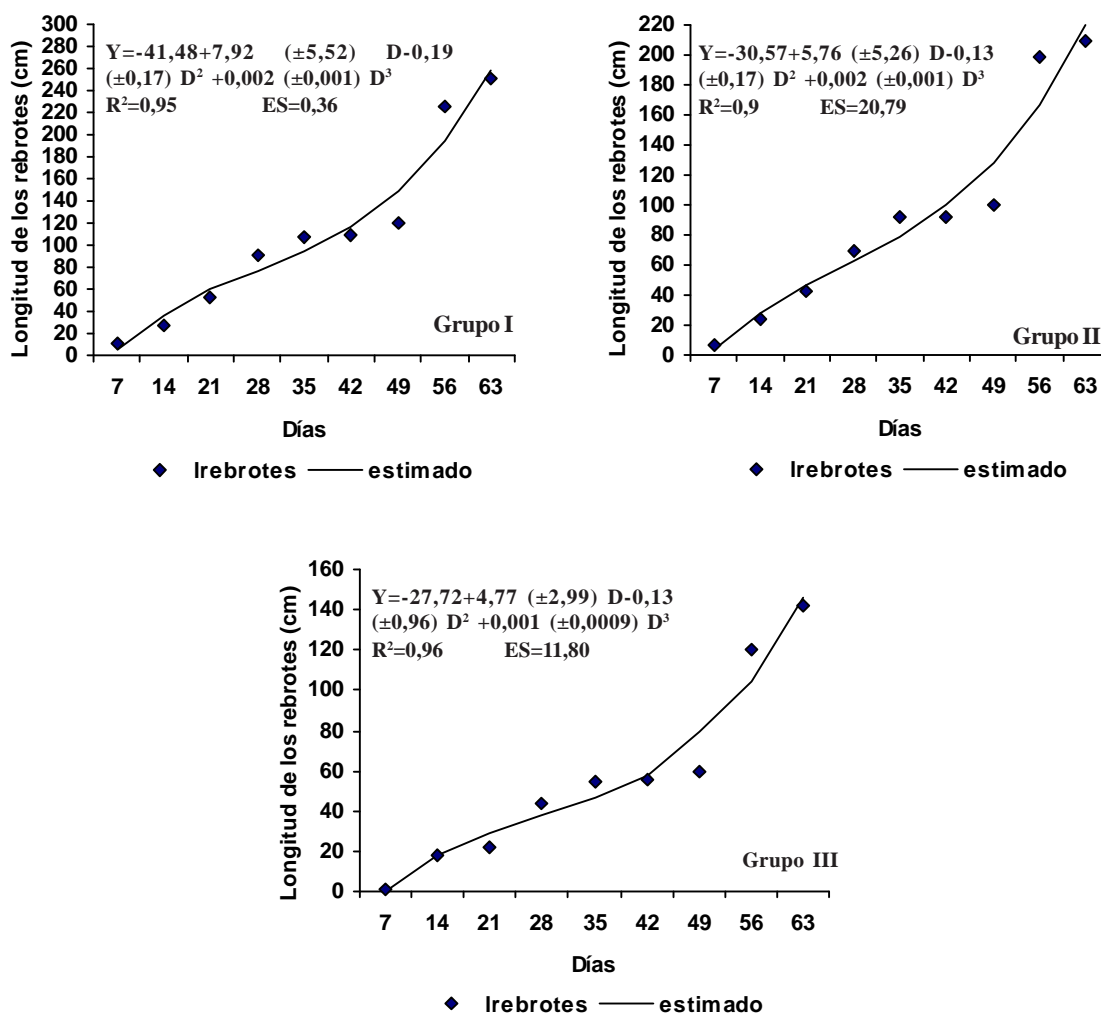


Figura 2. Diagrama de líneas con una curva de ajuste que aproxima la relación entre la longitud de rebrotes (cm) y los días, por grupos.

Figure 2. Line diagram with an adjustment curve that approaches the relationship between regrowth length (cm) and days per groups.

particular de las accesiones en estos; aunque de manera análoga a la emisión de rebrotes, su crecimiento para el grupo I fue más acelerado que para las del grupo II. No obstante, entre los 56 y 63 días disminuyó la velocidad de crecimiento de las plantas, el cual coincidió con la altura de 2,48 y 180,6 cm.

En el grupo I (tabla 4) se constató la agrupación de tres accesiones (*L. lanceolata* CIAT-17255 y CIAT-17501, y *L. diversifolia* CIAT-17270) que no son de la especie *L. leucocephala*, lo cual pudiera indicar que en ellas el ritmo de crecimiento de los rebrotes es muy similar al de esta especie, en lo que influye no sólo la accesión en cuestión, sino también la integración de varios factores. En este sentido, Voisin (1963) refirió que todas las plantas en su dinámica de crecimiento, en condiciones climáticas estables, describen una curva sigmoidea en tres etapas, a la cual le llamó la curva biológica universal. Los órganos de cualquier organismo también presentan estas características, de manera que el crecimiento de cualquier planta resulta de la integración de muchas curvas de cada uno de sus órganos, aspecto señalado también por Stür *et al.* (1994) para el caso de árboles medianos como la *Leucaena*.

En condiciones de campo, por efecto de los elementos del clima, estas curvas suelen alternarse en ocasiones, de manera que el carácter sigmoideo no se observa de forma clara. En Cuba varios autores, entre ellos Blanco (1996), han descrito las curvas de crecimiento para los pastos tropicales, donde puede observarse que los intervalos de tiempo en que se producen sus estadios difieren de lo informado para los pastos templados.

En el caso de los árboles y los arbustos con fines forrajeros estos principios también son válidos. Las plantas leñosas (sobre todo los árboles) se caracterizan por crecer lentamente, en comparación con las gramíneas, lo que constituye una dificultad en el establecimiento y después de esta etapa, en los sistemas silvopastoriles.

Al respecto Díaz (2006b) planteó que en el caso de las gramíneas o de las leguminosas herbáceas, las causas de este fenómeno están

cribe a sigmoid curve in three stages, to which he called universal biological curve. The organs of any organism also show these characteristics, so that the growth of any plant is the result from the integration of many curves of each of its organs, aspect also mentioned by Stür *et al.* (1994) for the case of medium-height trees, such as *Leucaena*.

Under field conditions, due to the climatic elements, these curves usually alternate sometimes, so that the sigmoid character is not clearly observed. In Cuba several authors, among them Blanco (1996), have described the growth curves for tropical pastures, where it can be observed that the time intervals in which their stages are produced differ from the reports for temperate pastures.

In the case of trees and shrubs with forage purposes these principles are also valid. Ligneous plants (especially trees) grow slowly, as compared to grasses, which constitutes a difficulty in the establishment and after this stage in silvopastoral systems.

In this regard Díaz (2006b) stated that in the case of grasses or herbaceous legumes, the causes of this phenomenon are related, first, to the growth dynamics and leaf expansion (which is very slow in its beginnings) and also with the partition of biomass towards the root system during the first weeks. This last aspect has higher importance for the plants adapted to arid conditions (such as buffel and alfalfa) and for ligneous plants it is linked to the energy cost of lignified tissue production.

In the three groups, until 28 days, there was slow regrowth growth (fig.2), which could have depended on the species and the intensity degree with which it was defoliated (by cutting or grazing with animals). This performance might be related to the little amount of leaf area, the utilization capacity of the reserve accumulated in the roots and the stem base, the development of the assimilative system and the distribution of photoassimilates in the different organs. According to Díaz (2006a), in this period the photosynthetic rate is high and respiration is low, which establishes a positive

relacionadas, en primera instancia, con la dinámica de crecimiento y expansión foliar (que es muy lenta en sus inicios) y también con la partición de la biomasa hacia el sistema radical durante las primeras semanas. Este último aspecto tiene mayor importancia para las plantas adaptadas a condiciones de aridez (como el buffel y la alfalfa) y para las plantas leñosas está vinculado con el costo energético de la producción de tejido lignificado.

En los tres grupos, hasta los 28 días, hubo un lento crecimiento de los rebrotes (fig. 2), el cual pudo depender de la especie y el grado de intensidad con que fue defoliada (por corte o por pastoreo con animales). Este comportamiento puede que esté relacionado con la poca cantidad de área foliar, la capacidad de utilización de la reserva acumulada en las raíces y en la base de los tallos, el desarrollo del sistema asimilativo y la distribución de los fotoasimilados en los diferentes órganos. Según refiere Díaz (2006a), en este período la tasa fotosintética es alta y la respiración es baja, lo cual establece una relación positiva en la asimilación neta de la planta y, por consiguiente, un aumento en la acumulación de masa seca con predominio en las hojas.

Desde los 35 hasta los 56 días el crecimiento de los rebrotes se incrementó para todas las accesiones de los tres grupos, pero de forma más acelerada en las del grupo I (fig. 2). En este período, según indican Stür *et al.* (1994), se produce un marcado aumento en el área foliar, con un balance positivo entre la fotosíntesis y la respiración hasta alcanzar la máxima producción fotosintética. En dicha etapa el crecimiento se hace relativamente constante e independiente de la variable que se mide, la cual expresa la tasa máxima de crecimiento del cultivo y acumulación de reservas.

Esto se corresponde con lo informado por Bonilla (2002), acerca de que este período se caracteriza por el retraso en la tasa de muerte de las estructuras morfológicas de la planta, en relación con el correspondiente aumento en el crecimiento de los tallos, lo que hace que se exprese un incremento en la producción de tejidos y una disminución en la muerte de sus distintos componentes.

relationship in the net assimilation of the plant and, hence, an increase in the accumulation of dry mass with predominance in the leaves.

Since 35 until 56 days the regrowth growth increased for all the accessions of the three groups, but faster in those from group I (fig. 2). In this period, according to Stür *et al.* (1994), a remarkable increase of the leaf area occurs, with a positive balance between photosynthesis and respiration until reaching the highest photosynthetic production. In this stage growth becomes relatively constant and independent from the variable that is measured, which expresses the maximum growth rate of the crop and reserve accumulation.

This is in correspondence with the report by Bonilla (2002), about the fact that this period is characterized by the delay in the death rate of the morphological structures of the plant, in regards to the corresponding increase in stem growth, which causes that an increase in tissue production and a decrease in the death of the different components are expressed.

For such reason, according to Díaz (2006a) the maximum production per hectare might not be in correspondence with the maximum photosynthesis, because it depends on how the tissue loss rate due to death behaves.

The performance shown by the accessions from group I as compared to those from groups II and III is likely to be due to the interaction of different factors, independently from the response of each accession in particular.

Plant response to climatic conditions should also be considered, especially rainfall, which although not significant, favored the good development of regrowths and were more effective in some accessions than in others.

The cutting height is another element that could have influenced regrowth emission and growth (Benjamín *et al.*, 1999); however, the response of the accessions was different. In this sense, their deep root system and the amount of reserve substances of the plant should be taken into consideration.

It must also be stated that forage cutting in the different seasons (dry and rainy) and in different development stages (vegetative and

Por ello, según refiere Díaz (2006a) la producción máxima por hectárea puede que no se corresponda con la fotosíntesis máxima, ya que depende de cómo se comporte la tasa de pérdida del tejido por muerte.

El comportamiento que presentaron las accesiones del grupo I con respecto a las de los grupos II y III puede que se deba a la interacción de diversos factores, independientemente de la respuesta de cada accesión en particular. Debe considerarse además la respuesta de las plantas a las condiciones climáticas, sobre todo las lluvias caídas, que aunque no fueron tan significativas propiciaron el buen desarrollo de los rebrotes y resultaron más efectivas en unas accesiones que en otras.

La altura de corte es otro de los elementos que pudieron influir en la emisión de rebrotes y en su crecimiento (Benjamín *et al.*, 1999); a pesar de ello, la respuesta de las accesiones fue diferente. En este sentido, debe tenerse en consideración su profundo sistema radical y la cantidad de sustancias de reserva que tenga la planta.

Se debe señalar también que el corte del forraje en las distintas estaciones del año (seca y lluviosa) y en diferentes estadios de desarrollo (vegetativo y floración), tiene una estrecha relación y actúa en el comportamiento del rebrote. Los cortes al inicio o durante el período poco lluvioso, cuando existe disminución del área fotosintéticamente activa y de la disponibilidad de agua, según describen Llamas *et al.* (2001), pueden provocar el agotamiento de las reservas orgánicas (como máxima fuente de su sustento), lo que conduce a la disminución del rango de formación del rebrote y los procesos de crecimiento de las plantas, como parece haber ocurrido en las accesiones pertenecientes a los grupos II y III.

El incremento de la emisión de rebrotes y su longitud de manera general, demostró la capacidad de recuperación de las accesiones; mientras que las diferencias entre los tres grupos formados evidenciaron contrastes entre las especies, según su capacidad de utilización de las reservas acumuladas. La dinámica de emisión de

flowering), has a close relationship and acts on regrowth performance. Pruning at the beginning of or during the dry season, when there is decrease of the photosynthetically active area and water availability, according to description by Llamas *et al.* (2001), can cause the depletion of organic reserves (as maximum source of their sustenance), which leads to the decrease of the regrowth formation range and plant growth processes, as seems to have occurred in the accessions belonging to groups II and III.

The increase of regrowth emission and length in general, proved the recovery capacity of the accessions; while the differences among the three groups formed showed contrasts among the species, according to their utilization capacity of the accumulated reserves. The regrowth emission dynamics and their growth rate in an accelerated way, in the establishment stage as well as in recovery after pruning, are very important, because they not only allow crop survival, but also allow it to be used as animal feed, especially in the dry season. The accessions showed an acceptable recovery capacity through regrowth increase and growth.

The emission of new regrowths by plants from this genus, like their growth, showed differences among the groups formed; for such reason, the recovery capacity should not be indicated statically, but taking into consideration the interaction of diverse biotic as well as abiotic factors, as well as the possibility or capacity of the individual genome of each accesión to respond or not to the surrounding environment.

According to the results it is concluded that there were differences in the indicators and that they explained the variability found. The species and accessions of the *Leucaena* genus, in general, showed high recovery capacity after pruning, according to their potential and demand for the use of their reserves, in accordance with the measured variables. In this sense, 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 commercial varieties *L.*



rebrotos y la velocidad de crecimiento de éstos en forma acelerada, tanto en la etapa de establecimiento como en la recuperación después de la poda, son de gran importancia, ya que no sólo le permiten al cultivo la supervivencia, sino también que sea utilizado como alimento animal, especialmente en el período poco lluvioso. Las accesiones mostraron una capacidad de recuperación aceptable a través del incremento de los rebrotos y su crecimiento.

La emisión de nuevos rebrotos por parte de las plantas de este género, al igual que su crecimiento, mostraron diferencias entre los grupos formados; por ello, la capacidad de recuperación no debe indicarse de forma estática, sino tomando en consideración la interacción de diversos factores tanto bióticos como abióticos, así como la posibilidad o capacidad del genoma individual de cada accesión de responder o no al medio circundante.

De acuerdo con los resultados se concluye que existieron diferencias en los indicadores y que estos explicaron la variabilidad hallada. Las especies y accesiones del género *Leucaena*, de forma general, mostraron alta capacidad de recuperación después de la poda según su potencialidad y exigencia para el uso de sus reservas, acorde con las variables medidas. En ese sentido, se seleccionaron 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 variedades comerciales *L. leucocephala* cv. Cunningham, cv. Perú, cv. CNIA-250 y cv. Ipil-Ipil, por ser las de mayor capacidad de recuperación después de la defoliación.

Se recomienda, en futuras investigaciones relacionadas con la caracterización, evaluación y selección de estas especies, realizar estudios que incluyan su persistencia en el tiempo bajo condiciones de poda, así como su empleo en el fomento de nuevos sistemas silvopastoriles.

*leucocephala* cv. Cunningham, cv. Perú, cv. CNIA-250 and cv. Ipil-Ipil, were selected for being the ones with higher recovery capacity after defoliation.

It is recommended, in future studies related to the characterization, evaluation and selection of these species, to make studies including their persistence in time under pruning conditions, as well as their use in the development of new silvopastoral systems.

--End of the English version--

### 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.
- Benjamín, A.K. *et al.* 1999. Productivity of five tree legumes species in the tropics. In: AAAP-ASAP Congress. Sydney, Australia. [cd-rom]
- Blanco, F. 1996. Dinámica de crecimiento y variación de las reservas en *Andropogon gayanus* CIAT-621. *Pastos y Forrajes*. 19:47
- Bonilla, I. 2002. Introducción a la nutrición mineral de las plantas. Los elementos minerales. En: Fundamentos de Fisiología vegetal. (Azcón-Bieto, J. y Talón, M., Eds.). Ediciones Universitat de Barcelona, España. 198 p.
- Borel, R. 1997. Diseño y manejo de los sistemas silvopastoriles. En: VI Curso internacional de entrenamiento. (Ed. L. Krishnamurthy). Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p. 442
- Dávila, C. & Urbano, D. 1996. Leguminosas arbóreas en la zona sur del Lago de Maracaibo. En: Leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Universidad del Zulia, Venezuela. p. 101

- Díaz, Maykelis 2006a. 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. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 25 p. (Mimeo)
- Díaz, Maykelis 2006b. Fotosíntesis. En: Compendio de conferencias del Programa de la Maestría en Pastos y Forrajes. Curso: Fundamentos de la producción de pastos. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 13 p. (Mimeo)
- Francisco, Geraldine *et al.* 1998. Efecto de tres alturas de corte en el rendimiento de biomasa de *Leucaena leucocephala* cv. CNIA-250. *Pastos y Forrajes*. 21:337
- Francisco, Geraldine & Simón, L. 2001. Estudios del nivel de poda en una plantación de *Leucaena leucocephala* CNIA-250. *Pastos y Forrajes*. 24:139
- Gómez, M.E. *et al.* 2002. Árboles utilizados en la alimentación animal como fuente proteica: Matarratón (*Gliricidia sepium*), Nacadero (*Trichanthera gigantea*), Pízamo (*Erythrina fusca*) y Botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria (CIPAV). Colombia. p. 3
- Greaves, A.J. *et al.* 1999. Carbon supply from starch reserves to spring growth: Modelling spatial patterns in kiwifruit canes. *Annals of Botany*. 83:431
- Guerra, C.W. *et al.* 2003. Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 73:3
- 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. lebbeck* 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.
- Hernández, I. *et al.* 2000. Utilización de *L. leucocephala*, *A. lebbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 284
- 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 on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 355
- Molina, C.H. *et al.* 2001. Advances in the implementation of high tree density in silvopastoral systems. International Symposium on Silvopastoral Systems. Second Congress on Agroforestry and Livestock Production in Latin America. San José, Costa Rica. p. 299
- Morrison, D. 1967. Multivariate statistical methods. McGraw-Hill Book Company. New York, USA. 150 p.
- Pezo, D. & Ibrahim, M. 1999. Sistemas silvopastoriles. Módulo de Enseñanza Agroforestal No. 2. CATIE-GTZ. Turrialba, Costa Rica. 275 p.
- Ruiz, T.E. & Febles, G. 1987. *Leucaena* una opción para la alimentación bovina en el trópico y el subtrópico. EDICA. La Habana, Cuba. 200 p.
- Ruiz, T.E. & Febles, G. 2001. Factores que influyen en la producción de biomasa durante el manejo del sistema silvopastoril. En: Memorias del curso "Sistemas silvopastoriles una opción sustentable". Tantakin, México. p. 62
- Sánchez, Saray. 2007. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. ICA. La Habana, Cuba. 123 p.
- Seguí, Esperanza *et al.* 1989. Asociaciones entre caracteres individuales y su importancia en el mejoramiento genético de la especie *Panicum maximum* Jacq. *Pastos y Forrajes*. 12:219
- Simón, L. 2005. Impacto bioeconómico y ambiental de la tecnología del silvopastoreo racional. En: El Silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal (Ed. L. Simón). Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 203
- Stür, W.W. *et al.* 1994. Defoliation and management of forage tree legumes. In: Tree legumes in tropical agriculture. (Gutteridge R.C. and Shelton, H.M, eds). CAB International. Wallingford, UK. p. 144

- 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
- Visuata, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Vol. II. Estadística multivariante. (Ed. C. Fernández). Editorial Mc Graw-Hill. Madrid, España. p. 24
- Voisin, A. 1963. Productividad de la hierba. Editorial Tecnos. S. A. Madrid. 499 p.

Recibido el 22 de septiembre del 2010

Aceptado el 23 de noviembre del 2010